

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Специальность 151001 «Технология машиностроения»
Кафедра «Технология машиностроения»
ФЮРА. 300.008.000 ПЗ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание квалификации «инженер»

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления корпуса 1М144.01.10.071

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10300	Громыко Павел Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.А. Ласуков	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Д.Н. Нестерук			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	В.А. Портола	д.т.н., профессор		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.А. Ласуков	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.А. Моховиков	к.т.н., доцент		

Юрга – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Специальность 151001 «Технология машиностроения»
 Кафедра «Технология машиностроения»

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ А.А. Моховиков
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
10300	Громыко Павел Сергеевич

Тема работы:

Разработка технологического процесса изготовления корпуса 1М144.01.10.071	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№30/С от 29.01.2016г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2016г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Чертеж детали корпуса 1М144.01.10.071, годовая программа выпуска 600 шт.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Исследование геометрических параметров фрезы, анализ их влияния на силы резания. Конструирование контрольно-измерительного приспособления. Расчет требуемого количества оборудования и рабочих. Расчет себестоимости изготовления детали. Рассмотрение вопросов по обеспечению безопасности в процессе производства детали.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>ФЮРА 10300.091.001 Фреза ФЮРА 10300.091.002 Карта наладки</p>

	ФЮРА 10300.091.003 Карта наладки ФЮРА 10300.091.004 Карта наладки ФЮРА 10300.091.005 Контрольно-измерительное приспособление
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Д.Н. Нестерук
«Социальная ответственность»	д.т.н., В.А. Портола
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	08.02.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.А. Моховиков	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10300	Громыко Павел Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 118 страниц, 14 рисунков, 27 таблиц, 22 источников, 3 приложений, 12 листов графического материала.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ, МЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, СЕБЕСТОИМОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, БАЗИРОВАНИЕ, ПРИПУСК, ЗАГОТОВКА.

Тема ВКР: Разработка технологического процесса изготовления корпуса 1М144.01.10.071.

Аналитическая часть содержит описание существующего производства, служебное назначение изделия, определения типа производства, анализ конструкции изделия на технологичность, описание базового технологического процесса.

Технологическая часть включает выбор заготовки и метода ее получения, выбор баз, разработку маршрута технологического процесса, выбор оборудования и средств технологического оснащения, расчет припусков на обработку, расчет режимов резания, нормирование технологического процесса.

Конструкторская часть содержит описание конструкций, расчет приспособлений и инструментов.

Организационная часть включает расчет технико-экономических показателей.

Раздел «Социальная ответственность» посвящен вопросам безопасной работы на участке, пожарной безопасности и экологии.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассчитана себестоимость изготовления детали.

Текстовая часть дипломной работы выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2007, графический материал с помощью программы КОМПАС-3D V13. Работа представлена на CD-R диске (в конверте на обороте обложки).

ABSTRACT

Final qualifying work 118 with., 14 figures, 27 tables, 22 sources, 4 appendices, 12 a graphic material.

Key words: technological process, a detail, the preparation, the cutting tool, speed of cutting, the measuring tool, the process equipment, the cost price of manufacturing, base, basing, an allowance, preparation.

The purpose of work: designing of technological process of manufacturing of case 1M144.01.10.071.

During performance of work the analysis of working technological process of reception of preparation and machining of a detail has been made.

In a technological part of work the method of reception of preparation is chosen, technological process of machining of a detail is developed, calculations of allowances and modes of cutting are executed.

In a design part two adaptations are designed, two special cutting tools are designed.

In section « Social responsibility » the necessary complex of actions under the safety precautions, a labour safety and protection of an environment is developed.

In section « Financial management, resource efficiency and resource» the cost price of manufacturing of the given detail is designed.

The text document of final qualifying work is executed in text editor Microsoft Word 2007, the graphic part of work is executed in system of solid-state modelling COMPASS - 3D V13

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	8
1 Расчеты и аналитика	9
1.1 Аналитическая часть	10
1.2 Формулировка проектной задачи	17
1.3 Поиск оптимального варианта решения проектной задачи	18
1.4 Теоретическая часть	18
1.5 Технологическая часть	27
1.6 Конструкторская часть	58
1.7 Организационная часть	65
2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	72
2.1 Расчет объема капитальных вложений	73
2.2 Определение сметы затрат на производство и реализацию продукции	76
2.3 Экономическое обоснование технологического проекта	81
3. Социальная ответственность	85
3.1 Характеристика объекта исследования	86
3.2 Выявление и анализ вредных и опасных производственных факторов на рабочем участке	87
3.3 Обеспечение требуемого освещения на участке	90
3.4 Обеспечение оптимальных параметров микроклимата на участке	92
3.5 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	94
3.6 Психологические особенности поведения человека при его участии в производстве работ на данном рабочем месте	98
3.7 Разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени	99
3.8 Обеспечение экологической безопасности и охрана окружающей среды	101
3.9 Заключение	102
Заключение	104
Список использованных источников	105
Приложение А (Спецификация на сборочный чертеж приспособления ФЮРА.300008.004СБ)	107
Приложение Б (Спецификация на сборочный чертеж приспособления ФЮРА.300008.005СБ)	109
Приложение В (Комплект документов на технологический процесс обработки детали ФЮРА.300008.001)	111

					ФЮРА.300008.000 ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Разраб.	Громыко				Разработка технологического процесса изготовления корпуса 1М144.01.10.071			Лит.	Лист	Листов
Провер.	Ласцков								6	2
								ЮТИ ТПУ гр. 10300		
Н. Контр.	Ласцков									
Утверд.										
					13					

Диск CD-R

В конверте на
обороте обложки

ФЮРА.300008.000 ПЗ. Пояснительная записка. Файл zapiska. в
формате docx.

ФЮРА.300008.001 Корпус. Файл korpus. в формате cdw.

ФЮРА.300008.002 Карта наладок. Файл naladka1. в формате cdw.

ФЮРА.300008.003 Карта наладок. Файл naladka2. в формате cdw.

ФЮРА.300008.004СБ Приспособление сверлильно-фрезерное.
Сборочный чертеж. Файл prisposoba1. в формате cdw.

ФЮРА.300008.005СБ Приспособление сверлильно-фрезерное.
Сборочный чертеж. Файл prisposoba2. в формате cdw.

ФЮРА.300008.006 Развертка. Файл razvertka. в формате cdw.

ФЮРА.300008.007СБ Калибр симметричности. Сборочный чертеж.
Файл kalibr. в формате cdw.

ФЮРА.300008.008 Теоретическая часть. Файл teoret_chast. в
формате cdw.

ФЮРА.300008.009 Воздушно-отопительный аппарат. Файл otopit_apparat. в
формате cdw.

Графический материал

На отдельных
листах

ФЮРА.300008.001 Корпус.

ФЮРА.300008.002 Карта наладок.

ФЮРА.300008.003 Карта наладок.

ФЮРА.300008.004СБ Приспособление сверлильно-фрезерное.
Сборочный чертеж.

ФЮРА.300008.005СБ Приспособление сверлильно-фрезерное.
Сборочный чертеж.

ФЮРА.300008.006 Развертка.

ФЮРА.300008.007СБ Калибр симметричности. Сборочный чертеж.

ФЮРА.300008.008 Теоретическая часть.

ФЮРА.300008.009 Воздушно-отопительный аппарат.

					ФЮРА.300008.000 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение определяет состояние производственного потенциала Российской Федерации, обеспечивает устойчивое функционирование жизненно важных комплексов отраслей промышленности и секторов экономики, а также строительной индустрии и наполнения потребительского рынка. От уровня развития машиностроения напрямую зависят важнейшие удельные показатели валового внутреннего продукта страны, уровень экологической безопасности промышленного производства, производительность труда.

Развитый машиностроительный комплекс, высокий уровень его технологий, конкурентоспособность выпускаемых машин и механизмов являются неперенным условием динамического развития экономики.

Задача машиностроения заключается в создании совершенных конструкций машин и передовой технологии её изготовления. Основное направление в развитии технологического процесса - это создание принципиально новых технологических процессов и замена существующих процессов более точными и экономичными.

Главное внимание уделяется вопросам сокращения сроков подготовки производства и повышению качества продукции машиностроения. В значительной степени качество и технико-экономические показатели выпускаемой продукции зависят от подготовки производства, важной составной частью которой является проектирование технологического процесса.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается проектирование технологического процесса механической обработки детали корпус, с заводским номером 1М144.01.10.071 выпускаемого на предприятие ООО «Юргинский машзавод».

Целью выпускной квалификационной работы является сокращение сроков технологической подготовки производства, снижение трудоемкости изготовления детали, рост производительности труда, разработки оптимального технологического процесса для данного типа производства.

Проектируемый технологический процесс должен являться оптимальным вариантом решения проектной задачи. Предлагается применить технологический процесс, который даёт возможность использовать высокопроизводительное оборудование и инструмент, обеспечивающие стабильность качества, применить приспособления, спроектированные для данной детали. Проектирование технологического процесса позволит повысить коэффициент загрузки оборудования без его переналадки, повысить производительность и снизить себестоимость изделия.

1 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

Студент гр. 10300

(Подпись)

П.С. Громыко

(Дата)

Руководитель
к.т.н., доцент. кафедры
ТМС

(Подпись)

А.А. Ласуков

(Дата)

Нормоконтроль,
к.т.н., доцент. кафедры
ТМС

(Подпись)

А.А. Ласуков

(Дата)

1.1 Аналитическая часть

1.1.1 Анализ существующего производства

На базовом предприятии ООО «Юргинский машзавод» на деталь разработан технологический процесс. Деталь изготавливают в цехе №58. Механообрабатывающий цех номер 58 производит механическую обработку, сварку, сборку и окраску деталей, узлов, оборудования различного назначения. При изготовлении детали применяют как универсальные станки, так и станки с ЧПУ. В качестве приспособлений используют универсальные приспособления, что значительно увеличивает сроки технологической подготовки производства, увеличивает трудоёмкость. Для обработки детали применяется стандартный инструмент, что приводит к увеличению его номенклатуры и снижает производительность труда. Эти недостатки можно ликвидировать разработкой технологического процесса с применением станков с ЧПУ, специального режущего и мерительного инструмента и специальных приспособлений.

1.1.2 Служебное назначение изделий

Корпус 1М144.01.10.070СБ состоит из корпуса 1М144.01.10.071, трёх заглушек 1М144.01.10.072 и четырёх заглушек 1М144.01.10.073, которые привариваются после механической обработки. Корпус изготавливается из стали 35 ГОСТ 1050-88. Корпус 1М144.01.10.071 является основным элементом гидрораспределителя 1М144.01.10.040 и предназначен для размещения его деталей, и разводки рабочей жидкости по каналам. Также корпус посредством двух резьбовых отверстий М16-7Н устанавливается на кронштейне секции крепи.

Гидрораспределитель является элементом управляющей гидравлики гидрооборудования секции крепи и применяется в блоках управления. Он работает в ручном режиме управления от рукоятки. Распределитель состоит из следующих основных частей:

- 1М144.01.10.060 Золотник;
- 1М144.01.10.070 Корпус;
- ГР12.004А-01 Ось;
- ГР12.009А Пружина;
- ГР12.013А Шайба;
- ГР12.014А Пружина;
- ГР12.015А Втулка;
- ГР12.016А Седло;
- ГР12.027А Шайба;
- ГР12.029А Пружина;
- 1М144.01.06.005 Пробка 8;
- 1М144.01.06.005-01 Пробка 12;
- 1М144.01.06.041 Рукоятка;
- 1М144.01.06.042 Толкатель;
- 1М144.01.06.043 Гайка специальная;
- 1М144.01.06.044 Седло;
- 1М144.01.06.045 Стакан;
- 1М144.01.06.046 Клапан;
- 1М144.01.06.047 Золотник;

- 1М144.01.06.048 Штуцер;
- 1М144.01.06.049 Втулка;
- 1М144.01.06.051 Пружина.

Кроме того, в состав распределителя входят различные резиновые и полиамидные уплотнения.

Распределитель работает следующим образом:

В нормальном положении рабочая жидкость (водомастная эмульсия, применяемая в гидросистемах механизированных крепей) под давлением 32МПа подается в гнезда «Н». Гнезда «А1» ... «А8» соединены со сливом (давление отсутствует). Кроме того, гнезда «А1» ... «А8» соединены с исполнительными элементами гидрооборудования, например с гидроцилиндрами. При установке в определенное положение (напротив определенной цифры на блоке управления) и нажатии рукоятки управления открывается клапан и линия напора соединяется с исполнительным гидравлическим элементом. Рабочая жидкость под давлением подается в гидроцилиндры, заставляя их двигаться.

При опускании рукоятки клапан закрывается, перекрывая линию напора.

Корпус изготавливается из углеродистой качественной конструкционной стали марки 35. Химический состав данной стали приведен в таблице 1.1, а ее физико-механические свойства в таблице 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 35

Химический состав, %						
С	Mn	Si	S	P	Ni	Cr
0,3...0,4	0,5...0,8	0,17...0,37	≤0,04	≤0,04	≤0,25	≤0,25

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 35

Предел текучести σ_t , МПа	Предел прочности σ_B , МПа	Плотность ρ , кг/м ³	Относит. Удлинение δ , %	Относит. Сужение φ , %	Твердость по Бринеллю НВ, кг/мм ²
315	530	$7,85 \cdot 10^3$	20	45	280

Данная сталь имеет следующие технологические свойства:

- свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки : РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка;
- температураковки, °С: начала 1280, конца 750;
- заготовки сечением до 800 мм. Охлаждаются на воздухе;
- обрабатываемость резанием – в горячекатаном состоянии, при НВ144–156 и σ_B 510 МПа, $K_{vб.ст.} = 1,3$;
- склонность к отпускной хрупкости – не склонна;
- флокеночувствительность – не чувствительна.

1.1.3 Производственная программа выпуска

Для каждого типа производства характерны свои маршруты изготовления деталей. Поэтому прежде чем приступить к проектированию технологического процесса механической обработки детали, необходимо,

исходя, из заданной производственной программы и характера подлежащей обработке детали установить тип производства и соответствующую ему форму организации выполнения технологического процесса.

Годовая производственная программа приведена в таблице 1.3, где на запасные части берется от 5 до 10 процентов. Принимаем 5 процентов.

Таблица 1.3 – Годовая программа выпуска изделий

Наименование изделия	Наименование детали	Марка материала	Число деталей на изделие	Процент на запасные части, %	Число деталей			Масса, т	
					на основную программу	на запасные части	всего	детали	На программу с запасными частями
гидрораспределитель 1М144.01.10.040	«Корпус» 1М144.01.10.071	Сталь 35 ГОСТ 1050-88	2	5-10	600	60	660	$8,3 \cdot 10^{-3}$	5,478

Тип производства для механической обработки деталей уточняется по [1]. Полученные данные соответствуют среднесерийному типу производства.

Для серийного типа производства деталей необходимо рассчитать размер партии запуска:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (1.1)$$

где n – размер партии запуска, шт.;

F – число рабочих дней в году, $F=250$;

a – периодичность запуска в днях, $a=3, 6, 12, 24$.

$$n = \frac{660 \cdot 24}{250} = 64 \text{ шт.}$$

1.1.4 Анализ технологичности изделия

Технологичность конструкции деталей обуславливается (по ГОСТ 14.201–83; 14.204–83; 14.205–83):

- рациональным выбором исходных заготовок и материалов;
- простой формы детали;
- рациональной простановкой размеров;
- назначением оптимальной точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, параметров шероховатости и технических требований.

Технологичность детали оценивается с точки зрения возможности применения простых инструментов, методов обработки и измерения, удобства и надежности базирования детали для обработки.

Технологичность – понятие комплексное. Она оценивается качественно и количественно.

1.1.4.1 Качественная оценка технологичности

В качестве заготовки принята штампованная поковка, полученная на кривошипном горячештамповочном прессе. Этот вид заготовки является оптимальным для данной конструкции деталей и серийности производства – мелкосерийного.

Корпус 1М144.01.10.071 имеет правильную геометрическую форму: в поперечном сечении имеет форму прямоугольника с прямоугольным уступом. Деталь обрабатывается без спаривания с сопрягаемыми деталями. Свободный доступ инструмента обеспечивается для всех обрабатываемых поверхностей. В конструкции детали имеется двадцать шесть глухих отверстий, некоторые из которых пересекаются под углом 90 градусов, а некоторые расположены параллельно друг другу. Деталь имеет достаточную жесткость, что не ограничивает режимов резания. Базовые поверхности по размерам достаточны для установки на станке. Точность обработки и формы, шероховатость соответствует функциональному назначению детали.

Чертеж детали содержит пять видов, а также разрезы и выносные элементы. Размеры на чертеже полностью определяют геометрическую форму и пространственное положение обрабатываемых поверхностей. Технические требования на чертеже полностью обоснованы. Обрабатываемые поверхности расположены под прямым углом друг другу. Все отверстия расположены также под прямым углом к плоскости входа инструмента. Точность размеров форм, шероховатость, взаимное расположение поверхностей достижимы в условиях реального производства и достигаются некоторым количеством последовательных операций с использованием стандартного и специального режущего инструмента и высокопроизводительного оборудования. Проведя качественный анализ детали можно сделать вывод, что деталь является технологичной.

Таким образом, делаем вывод, что по качественным показателям деталь технологична.

1.1.4.2 Количественная оценка технологичности изделия

Количественную оценку технологичности изделия производим по коэффициенту использования материала:

$$K_{\text{им}} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}}, \quad (1.2)$$

где $m_{\text{дет}}$ – масса готовой детали;
 $m_{\text{заг}}$ – масса заготовки.

$$K_{\text{им}} = \frac{8,3}{15} = 0,55.$$

$K_{\text{им}}$ меньше 0,7, что свидетельствует о неудовлетворительном использовании материала.

Таким образом, делаем вывод что, деталь является нетехнологичной по данному показателю.

1.1.5 Описание базового технологического процесса

1.1.5.1 Базовый технологический процесс

Технологический процесс изготовления детали «Корпус» 1М144.01.10.071, который разработан для мелкосерийного производства и имеет структуру, представленную в таблице 1.4

Таблица 1.4 – Базовый технологический процесс

№ оп.	Наименование и оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
1	2	3	4	5
005	Фрезерная Станок С500/04	УСП	Фреза СТП 406-1451-79	ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80. ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-80
010	Слесарная Верстак		Напильник	
015	Фрезерная Станок С500/04	УСП	Фреза СТП 406-1451-79	
020	Слесарная Верстак			
025	Шлифовальная 3П722			
030	Фрезерная Станок СФП500	Тиски 314-421	Фреза 50 ГОСТ 17026 Сверло 20ц ГОСТ 10902	ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80. ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-80.
035	Токарная Станок 16К20	УСП		Кольцо п/н М100х2-6g 110-1321 Кольцо п/н М100х2-6g 110-1322 Пробка п/н 38 ^{+0,122} / _{+0,08} 100-2827 Пробка п/н М30х1,5-6Н Пр 110-1113 М30х1,5-6Н НЕ 110-1115
040	Токарная Станок 16К20	УСП		Пробка п/н 35 ^{+0,122} / _{+0,08} 100-3162

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5
045	Слесарная Верстак			
050	Фрезерная Станок С500/04	Поворотное устройство	Сверло центровочное Сверло 6 ГОСТ 10902 Сверло 4,8 ГОСТ 10902 Развертка 5Н9 030- 2079 Сверло 8 ГОСТ 10903 Сверло 017-98 Зенкер 027-699 Развертка черновая 037-496 Развертка чистовая 037-498 Сверло 11 ГОСТ 10903 Зенкер на канавку 027-837	Пробка 100-2676 Пробка 100-2678 Пробка 5 ^{+0,09} / _{+0,08} 100- 3163 Калибр соосности 151- 888 Калибр на собираемость 151-842
055	Слесарная Верстак			
060	Фрезерная Станок С500/04	Поворотное устройство	Сверло центровочное Сверло 6 ГОСТ 10902 Сверло 8 ГОСТ 10903 Сверло 11 ГОСТ 10903 Сверло 10,5 ГОСТ 10903 Сверло 17 017-97 Зенкер 027-692 Развертка черновая 037-501 Развертка чистовая 037-503	Пробка 100-2679 Пробка 100-2680 Калибр соосности 151- 887 Калибр на собираемость 151-841
065	Слесарная Верстак			
070	Фрезерная Станок С500/04	Поворотное устройство	Сверло центровочное Сверло 6 ГОСТ 10902 Сверло 8 ГОСТ 10903 Сверло 11 ГОСТ 10903 Сверло 10,5 ГОСТ 10903 Сверло 17 017-97	Пробка 100-2679 Пробка 100-2680 Калибр соосности 151- 887 Калибр на собираемость

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5
			Зенкер 027-692 Развертка черновая 037-501 Развертка чистовая 037-503	151-841
075	Слесарная Верстак		Метчик 2620-1619 ГОСТ 3266-81 Метчик М16 – 7Н 043-437	Пробка п/н М16 Пр 110-1118 Пробка п/н М16 НЕ 110-1120
080	Промывка Участок промывки	Продувка 351-2045	Ерш Ø9 359-926 Ерш Ø11 359-925	
085	Сварка Участок сварки Сварка по ТП бюро сборки			
090	Покрытие Участок покрытий Покрытие по ТП покрытий			
095	Контрольная	Плита контроль- ная		

1.1.5.2 Анализ действующего технологического

Технологический процесс разрабатывался для мелкосерийного производства, то при обработке применяется в основном оборудование с ЧПУ (С500) и универсальные станки. При обработке используется универсальная и стандартная оснастка, универсально-сборочные приспособления, которые является оптимальным только при единичном и мелкосерийном производстве.

Режимы резанья не соответствуют прогрессивным. Используются фрезы из быстрорежущей стали и удаление заусенцев, и притупление острых кромок слесарным путем не содержат резервов увеличения режимов резанья и сокращения времени обработки детали.

Анализ действующего технологического процесса выявил такие пути повышения производительности и снижения стоимости обработки:

- изменения способа получения заготовки с штамповки на прокат. Это приведет к снижению затрат на изготовление штампов.

- использование принципа концентрации операций и применение станков типа обрабатывающий центр-станок ИР320ПМФ4. Это позволит обработать заготовку за один установ с двух сторон с поворотом стола на 180 градусов.

- применение специального оборудования на завершающих операциях с целью удаления заусенцев и острых кромок в отверстиях позволит сократить время на слесарной операции.

- применение твердосплавного инструмента с механическим креплением сменных пластин, комбинированного инструмента-зенкера, сверла, развертки позволит сократить основное машинное время обработки за счет увеличения режимов резанья и увеличения производительности обработки.

1.2 Формулировка проектной задачи

Задачей данной выпускной квалификационной работы (ВКР) является разработка технологического процесса механической обработки корпуса в условиях мелкосерийного производства. Необходимо применять более прогрессивные виды оборудования и технологической оснастки, добиваясь тем самым повышения производительности труда и уменьшения себестоимости продукции.

При разработке технологического процесса механической обработки станки С500/04 необходимо заменить сверлильно-фрезерным станком ИР320ПМФ4 для обработки отверстий за один установ. Для обработки цилиндрической части детали необходимо применить сверлильно-фрезерный станок с ЧПУ. Универсальные приспособления заменить специальными: применять современные виды инструмента, использовать более точные методы получения заготовки, снижая припуски на механическую обработку.

Целью данного проекта является расширение и закрепление теоретических знаний, обучение правильно и самостоятельно решать инженерные и исследовательские задачи, возникающие при проектировании технологических процессов изготовления изделий машиностроения и средств технологического оснащения.

В соответствии с поставленной целью, в процессе написания ВКР решаются следующие задачи:

- развитие и закрепление навыков ведения самостоятельной творческой инженерной работы;
- закрепление методики проектирования технологических процессов механической обработки деталей;
- приобретение опыта анализа существующих видов технологической оснастки;
- овладение технико-экономическим анализом применяемых решений.

В данной ВКР необходимо разработать технологический процесс механической обработки корпуса 1М144.01.10.071 в мелкосерийном производстве.

Основанием для разработки является задание на проектирование технологического процесса механической обработки с целью улучшения базового технологического процесса.

Целью разработки проекта является сокращение сроков технологической подготовки производства, снижение трудоемкости изготовления детали, рост производительности труда, разработки оптимального технологического процесса для данного типа производства.

1.3 Поиск оптимального варианта решения проектной задачи

При разработке технологических процессов машиностроительного производства перед технологом возникает задача выбора из нескольких вариантов обработки один, обеспечивающий наиболее экономичное решение, тем более, что современные способы механической обработки, большое разнообразие станков, новые методы обработки и получения заготовок способствуют расширению числа вариантов. Для решения поставленной задачи был проанализирован заводской технологический процесс аналогичного по конструкции корпуса 1M144.01.10.071 и рассмотрены различные варианты маршрута обработки.

Намечая технологический маршрут обработки детали, следует придерживаться правил:

- с целью экономии труда и времени на технологическую подготовку производства использовать типовые процессы обработки деталей;
- использовать по возможности стандартный режущий и мерительный инструмент;
- стремиться применять наиболее современные формы организации труда;
- обрабатывать наибольшее количество поверхностей за одну установку детали.

Предлагаемый технологический процесс должен являться оптимальным вариантом решения проектной задачи. Предлагается применить технологический процесс, который даёт возможность использовать высокотехнологичное оборудование и инструмент, обеспечивающие стабильность качества, применить приспособления, спроектированные для данной детали. Проектирование технологического процесса позволит повысить коэффициент загрузки оборудования без его переналадки, повысить производительность и снизить себестоимость изделия.

Следует также предусмотреть мероприятия по безопасности и экологичности проекта.

1.4 Теоретическая часть

1.4.1 Удаление заусенцев

При изготовлении деталей гидравлических систем существует проблема удаления заусенцев, остающихся во внутренних полостях изделий после обработки отверстий малых диаметров.

Снятие заусенцев механической обработкой требует применения абразивного, специального режущего, ручного или щеточного инструмента. Это часто экономически невыгодно или технически невозможно из-за технологических трудностей доступа к зоне обработки, особенно в случае пересекающихся отверстий.

Однако, решение этого вопроса необходимо, так как чистота внутренних поверхностей деталей гидравлических систем (штуцеров, дросселей и др.) во многом определяет функциональные свойства систем гидравлики и надежность их работы. Номенклатура этих изделий достаточно широка и объемы их

производства составляют сотни тысяч штук в год. Конструктивно изделия имеют отверстия различной степени сложности (сквозные, глухие, осевые ступенчатые, пересекающиеся). Чем меньше диаметр и сложнее геометрическая форма отверстий, тем труднее удалять заусенцы традиционными способами механической обработки.

В связи с этим представляют интерес различные альтернативные, относительно новые и достаточно эффективные электрофизикохимические методы обработки отверстий малых диаметров, значительно расширяющие возможности современного производства. Однако из-за недостатка информации о преимуществах новых технологий эти методы в настоящее время не имеют широкого применения на российских предприятиях.

1.4.2 Механическое удаление заусенцев

Для удаления заусенцев в отверстиях со ступенчато изменяющимися по длине детали диаметрами можно использовать обычный режущий инструмент: ступенчатые сверла, зенкеры, металлические щетки и ерши. Однако, механическое снятие заусенцев таким инструментом значительно затрудняется с уменьшением размеров отверстий и становится невозможным в пересекающихся отверстиях малых диаметров. В этом случае остается только ограниченная возможность применения специальных металлических щеток [3].

К механическим методам удаления заусенцев относится ручная работа самоцентрирующимся шабером (рисунок 1.1). Фирма «VARGUS» выпускает оригинальный зачистной инструмент Shaviv, пришедший на смену применявшимся ранее шаберам и напильникам. Инструмент имеет разнообразные конструктивные исполнения для снятия заусенцев и фасок, ручной обработки плоскостей, пазов, уступов, кромок отверстий с использованием самоустанавливающихся режущих элементов - плавающих ножей.



Рисунок 1.1 Зачистной инструмент Shaviv

По сравнению с традиционными инструментами Shaviv имеет ряд существенных преимуществ:

- каждое лезвие инструмента многократно превосходит стойкостью шабер или напильник, так как изготавливается из высококачественной быстрорежущей стали;
- не требует высокой квалификации работника, так как оснащен быстросменными лезвиями, самоустанавливающимися на обрабатываемой поверхности;
- взаимозаменяемость лезвий различной конфигурации, что позволяет оснащать единый держатель сменными адаптерами и лезвиями различного функционального назначения;
- высокая экономическая эффективность, т.к. стоимость 1 лезвия (при существенно большей сравнительной стойкости) зачастую сравнима со стоимостью напильника;
- при использовании инструмента Shaviv исключаются повреждения детали;
- оригинальное конструктивное решение инструмента Shaviv позволяет применять его для обработки как прямолинейных, так и криволинейных кромок, пазов, уступов и плоскостей, наружных и внутренних поверхностей деталей из различных материалов (сталь, нержавеющая сталь, титан, цветные металлы, пластмассы и т. д.);
- с помощью адаптеров Shaviv устанавливается различный вылет режущего элемента от корпуса инструмента, что позволяет выбрать оптимальные условия обработки, а также максимально увеличить возможность проникновения режущего лезвия в рабочую зону детали.

В настоящее время инструмент Shaviv используют в своем производстве многие предприятия общемашиностроительного комплекса, авиационной отрасли, изготовители приборов, изделий из пластика, а также частные компании. Их выбор определен качеством обработки, экономической эффективностью и производственной целесообразностью применения этого инструмента по сравнению с традиционными шаберами.

1.4.3 Современные технологии удаления заусенцев [3]

1.4.3.1. Электрогидроимпульсная обработка

Данный метод основан на эффекте возбуждения гидравлического удара в емкости с рабочей жидкостью импульсным электрическим разрядом между обрабатываемой деталью и электродом.

На рисунке 1.2 схематично показана установка, состоящая из кассеты 1 с обрабатываемой деталью 2, механизма подъема 3, разрядной камеры 4, механизма поворота 5.

Установка спроектирована для очистки отверстий распылителей форсунок дизельных двигателей от окалины и нагара. Работает в ручном и автоматическом режиме. При работе в автоматическом режиме кассету 1 с 18-ю деталями устанавливают на вал механизма поворота 5. При включении установки автоматически происходит поджим детали и разряд конденсатора.

В результате в межэлектродном промежутке, заполненном водой, происходит гидравлический удар, способствующий очистке отверстий детали.

Затем автоматически включаются разжимное устройство и механизм шагового поворота кассеты с подачей следующей детали в зону обработки.

По окончании цикла установку отключают и устанавливают новую кассету со следующей партией деталей. Время обработки одной детали не превышает 20 секунд. Установка можно использовать для снятия заусенцев в отверстиях (кроме пересекающихся) при изготовлении деталей любой сложности. Установка разработана ЗАО «Кадницы-на-Вятке» (г. Киров) и экспонировалась на ВДНХ СССР еще в 1985 году. Технические характеристики установки представлены в таблице 1.5.

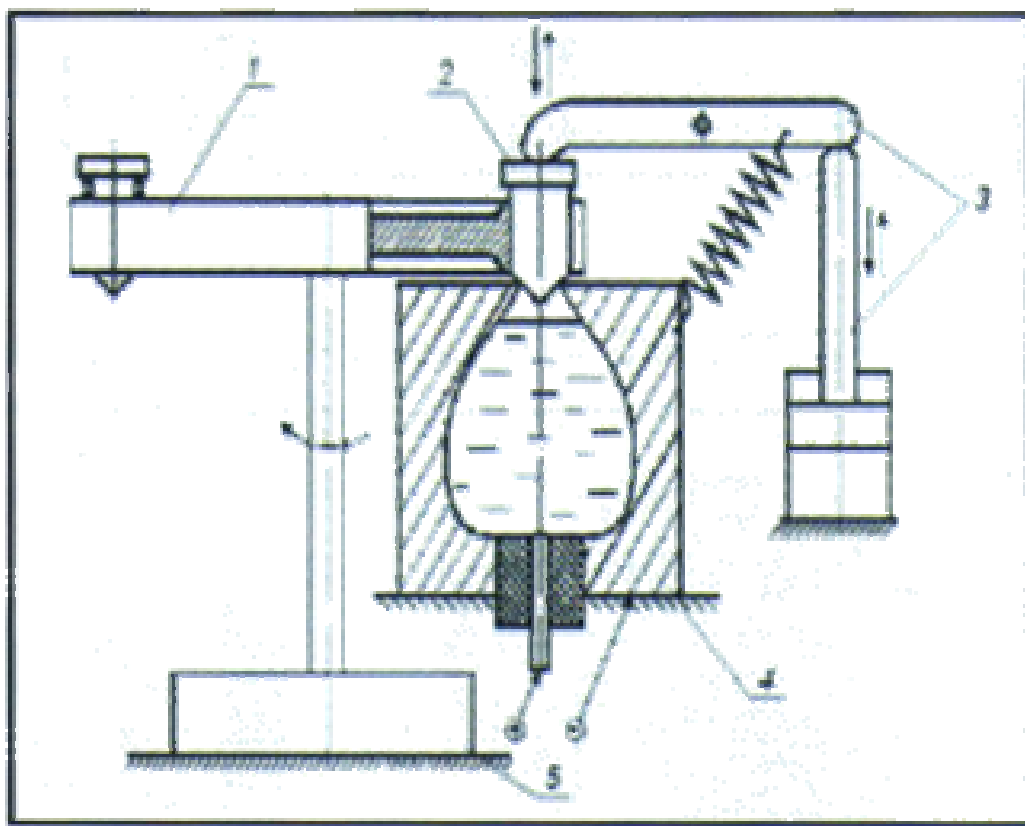


Рисунок 1.2 Принципиальная схема электрогидроимпульсной установки

Таблица 1.5 – Технические характеристики установки

Характеристики	Значение
1	2
Напряжение питания, В	220
Количество фаз, шт.	2
Выходное напряжение трансформатора, кВ	25
Мощность установки, кДж	3,75
Напряжение в цепи управления, В	36
Технологическая жидкость	водопроводная вода
Тип электродной системы	коаксиальный
Привод автоматики	пневматический
Время очистки распылителей одной кассеты	6 мин.
Габаритные размеры, мм	930x715x215
Масса, кг	500

1.4.3.2 Ультразвуковая обработка

Металлические изделия очищаются в ультразвуковом поле за счет действия упругих механических колебаний в жидкой среде. При распространении таких колебаний в жидкости поочередно возникают процессы разрежения и сжатия. В момент разрежения происходят локальные (в микрообъемах) разрывы жидкости с образованием пузырьков (полостей), которые заполняются парами жидкости и растворенным в ней воздухом. В момент сжатия пузырьки сплющиваются, что сопровождается сильными гидравлическими ударами, способствующими очистке поверхности деталей и удалению заусенцев.

В Бийском технологическом институте разработана оригинальная технология ультразвукового удаления заусенцев в жидкой среде с добавлением абразивных зерен, размер которых соизмерим с радиусом действия ударной волны (от 1 до 100 мкм). Оборудование для реализации этой технологии состоит из компактного ультразвукового генератора, излучателя волн и рабочей ванны (фитомиксера).

В ванне, заполненной водно-глицериновой смесью со взвешенными мелкими абразивными частицами, производят обработку деталей. При ультразвуковом воздействии в жидкой среде возникают акустические течения, в которых зерна абразива и обрабатываемые детали, из-за различия плотности материалов и размеров, получают разные скорости перемещения. При взаимном проскальзывании зерен и деталей процесс снятия заусенцев интенсифицируется. В качестве абразива рекомендуется применять электрокорунд, карбиды кремния и бора с размером частиц от 3 до 20 мкм. Наиболее универсальна суспензия, содержащая воду, глицерин и абразив в соотношении 1:1:1. Одновременно в ванну можно загружать детали в 2-3 слоя. Время цикла обработки, в зависимости от массы деталей, может составлять от 1 до 90 мин. Рекомендуется также дополнительно использовать химически активные добавки, интенсифицирующие процесс. Так, двухпроцентный водный раствор медного купороса снижает время обработки на 90%. После обработки рекомендуется промыть детали в проточной воде.

Фирмой «Мицар» (г. Омск) разработаны и продаются ультразвуковые ванны, характеристики которых представлены в таблице 1.6

Таблица 1.6 – Характеристики ультразвуковых установок

Модель	Напряжение питания, В	Потребляемая мощность, Вт	Мощность нагревателя, Вт	Размеры (объем, л) рабочей ванны, мм
CV-STAT	220	500	200	(8)
CV-DIZ	220	1200	500	300x400x400
CV-14,0	220	600	300	450x450x170
CV-125,0	220	1500	400	(125)

На рисунке 1.3 представлена ультразвуковая установка CV-DIZ, которая предназначена для очистки деталей топливной аппаратуры дизельных двигателей.



Рисунок 1.3 Внешний вид ультразвуковой ванны CV-DIZ

Отмечается, что она особенно эффективна для очистки калиброванных отверстий малого (менее 0,1 мм) диаметра, а также глухих отверстий. Имеет более широкий диапазон регулирования частоты ультразвуковых колебаний, комплектуется четырьмя преобразователями.

Тамбовским государственным техническим университетом разработана ультразвуковая установка, адаптированная для обработки пересекающихся каналов малого диаметра. Авторы (Червяков В.Н., Воробьев Ю.В. и др.) отмечают низкий коэффициент полезного действия существующих УЗ-установок вследствие хаотического распределения деталей в ванне и уменьшения интенсивности распространения звуковых волн с увеличением расстояния от источника излучения. Это делает неэффективным их применение для удаления заусенцев в пересекающихся каналах, особенно малого диаметра. В этих случаях необходимы условия, при которых ось отверстия совпадает с направлением распространения волн, т.е. с осью излучателя. Вероятность таких совпадений при обработке в ваннах ничтожно мала, что обуславливает необходимость применения специального оборудования. Спроектированная и изготовленная установка работает по принципу роторных аппаратов. Рабочая жидкость с абразивным порошком подается под давлением в полость корпуса через входной ниппель, далее через отверстия вращающегося ротора в отверстия неподвижного статора, в котором установлены детали, и выводится через выходной ниппель.

При вращении вала-ротора его отверстия поочередно совпадают с отверстиями статора и, соответственно, с отверстиями в деталях. Струя жидкости, протекая через отверстие, возбуждает акустические колебания, которые вызывают интенсивную кавитацию в малых объемах отверстий. Так как в отверстии жидкость приобретает высокую скорость и меняет направление истечения (каналы пересекающиеся), на острых кромках кавитация еще более усиливается. Разрушение заусенцев сопровождается обработкой поверхности зернами абразива. Рекомендуемое оптимальное гидродинамическое давление в аппарате составляет 0,15...0,30 МПа. Проведенные эксперименты на деталях со сквозными пересекающимися каналами диаметром 1,0...2,0 мм подтвердили хорошее качество снятия заусенцев и повышение чистоты поверхности. Основное преимущество данного оборудования состоит в том, что оно не требует внешнего источника ультразвуковых волн (генератора). При указанном давлении струя жидкости сама является генератором акустических колебаний.

1.4.3. Термический метод удаления заусенцев

Установки для удаления заусенцев термическим методом разработаны и широко применяются фирмой «Extrudehone» (США) и «BOSCH» (Германия). В термическом методе используется принцип сжигания заусенцев при воспламенении смеси газов. Установка для реализации этого процесса состоит из (рисунок 1.3): рабочей камеры 1, гидроцилиндра 2 для сжатия смеси газов в рабочей камере, газоприготовительного блока 3 и блока 4 для подачи газа в камеру 1 [4].

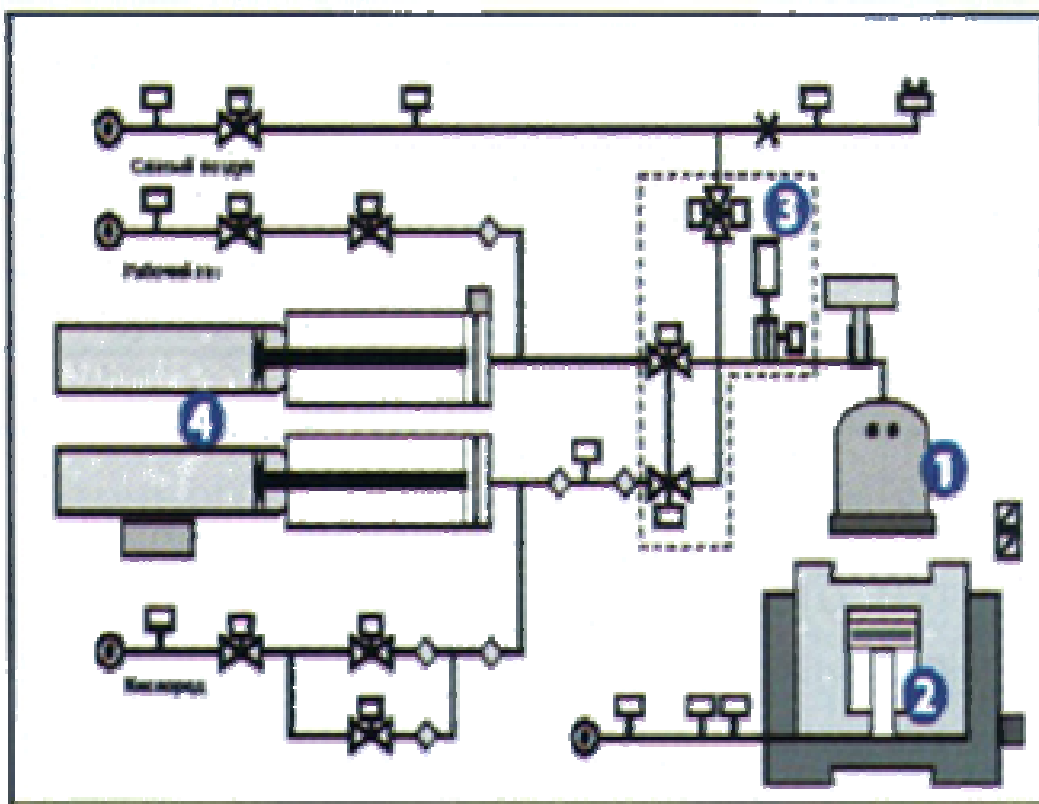


Рисунок 1.3 Принципиальная схема установки термического удаления заусенцев

Технологически обработка деталей включает последовательное выполнение следующих операций:

- подача деталей в рабочую камеру 1;
- приготовление смеси газов (природный газ, кислород, воздух) определенного количественного состава, обеспечиваемого автоматически блоком 3;
- подача газовой смеси в рабочую камеру 1 системой гидроцилиндров 4;
- сжатие газовой смеси в рабочей камере 1 до давления в интервале от 0,5 до 2,8 МПа с помощью гидроцилиндра 2;
- воспламенение газовой смеси в камере 1 с деталями;
- возврат гидроцилиндра 2 в исходное положение, разгерметизация камеры 1 и выгрузка деталей с одновременной загрузкой следующей партии.

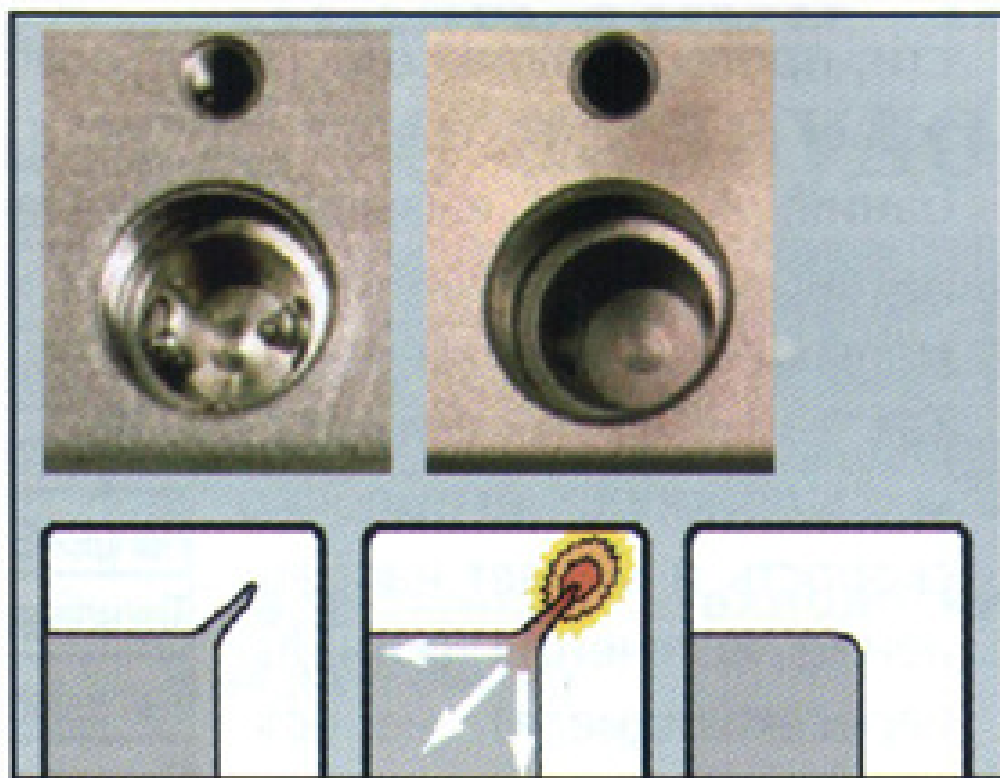


Рисунок 1.4 Фазы обработки

Воспламенение и сгорание газов происходит за короткое время и носит характер вспышки (взрыва). В результате в объеме камеры генерируется мощный кратковременный импульс тепловой энергии (от 2500°C до 3500°C), сжигающий заусенцы. На рисунке 1.4 показаны фазы обработки: исходный заусенец, сгорание заусенца, деталь после обработки.

Аналогичным образом заусенцы сжигаются на всех внешних и внутренних поверхностях деталей с характерным скруглением острых кромок.

Метод обработки и промышленные установки «iТЕМ» не имеют ограничений по маркам конструкционных материалов (сталь, чугун, алюминиевые сплавы, латуни, бронзы), размерам и сложности деталей. Характеристики и общий вид типового оборудования приведены в таблице 1.7 и на рисунке 1.5.

Таблица 1.7 – Характеристики установок iTEM

Модель	Диаметр рабочей камеры, мм	Высота рабочей камеры, мм	Давление газа в камере, бар.	Время обработки, сек	Габариты установки	Масса, кг
iTEM250	250	300-400	20	60	2585x 2158x 2580	6000
iTEM250-800	250	800	20	60	2585x 2158x 2580	6500
iTEM400	250	300	23	60	4650x 2600x 2820	15000
	320		16			
	400		12			
iTEM400HP	250	400	20	60	5050x 2700x 2750	15000
	320		20			
	400		20			

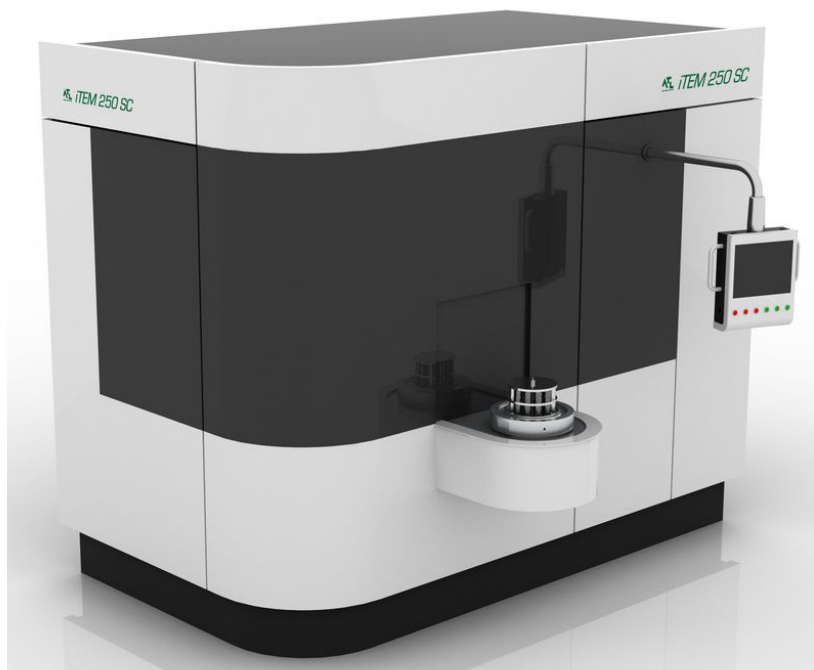


Рисунок 1.5 Общий вид установки термического удаления заусенцев iTEM250

Преимущества установок «iTEM»:

- простота переналадки, управления и контроля;
- качественное удаление заусенцев на поверхностях любой сложности;
- высокая производительность и экономичность;
- возможность интеграции в производственную линию с ручным или автоматическим управлением.

1.4.4 Вывод

Проанализировав способы удаления заусенцев в деталях, в качестве способа удаления заусенцев на заключительной слесарной операции обработки

детали ФЮРА.300008.001 (1М144.01.10.071) из условия серийности выбираем термический метод. Данный метод не имеет ограничений по маркам конструкционных материалов, размерам и сложности деталей. При этом обеспечивает качественное удаление заусенцев на поверхностях любой конфигурации, имеет простоту переналадки, управления и контроля. Кроме этого, обладает высокой производительностью и экономичностью. По техническим характеристикам выбираем установку iTEM250.

1.5 Технологическая часть

1.5.1 Выбор заготовки и метода ее получения

Себестоимость изготовления детали определяется суммой затрат на исходную заготовку и её механическую обработку, поэтому в конечном счёте важно обеспечить снижение всей суммы, а не одной её составляющих. Метод получения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, серийностью производства, а также экономичностью изготовления. Исходя из конструкции детали, серийности производства, заготовку для рассматриваемой детали рекомендуется получать двумя методами: штамповкой и листовой прокат. Производим технико-экономический расчет двух вариантов изготовления заготовки: метод горячей объемной штамповки в закрытом штампе, выполняемый на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП), и из листового проката.

Произведём сравнение вариантов выбора заготовки на основе экономического расчёта по формуле технологической себестоимости детали:

$$S_T^I = \frac{m_{\text{дет}}}{K_{\text{им}}} \cdot [C_{\text{заг}} + C_c \cdot (1 - K_{\text{им}})], \quad (1.3)$$

где $K_{\text{им}}$ – проектный коэффициент использования материала заготовки;

$C_{\text{заг}}$ – стоимость 1 кг материала заготовки, руб.;

$C_c = 3,0$ руб/кг – стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке в среднем по машиностроению.

1.5.1.1 Заготовка, получаемая на кривошипных горячештамповочных прессах.

Расчёт будем производить по методике, изложенной в ГОСТ 7505–89.

Массу поковки определяем по формуле

$$m_{\text{пок.}} = m_{\text{дет.}} \cdot K_p = 8,3 \cdot 1,3 = 10,79 \text{ кг}, \quad (1.4)$$

где $K_p = 1,3$ – расчетный коэффициент.

Класс сложности назначаем в соответствии с техническими требованиями – Т2.

Исходя из химического состава стали 35 ГОСТ 1050-88 устанавливаем группу стали – М1 по ГОСТ 7505-89 “Поковки стальные штампованные”

Степень сложности поковки назначаем по соотношению, полученному из формулы:

$$m_{\text{пок.}} / m_{\text{фиг.}} = 10,79 / 12,92 = 0,83, \quad (1.5)$$

где $m_{\text{фиг.}}$ – масса описывающей фигуры, определяется по формуле:

$$m_{\text{фиг.}} = \rho \cdot V_{\text{фиг.}}, \quad (1.6)$$

где $V_{\text{фиг.}} = (7,7 \cdot 14,2 \cdot 13) \cdot 1,05^3 = 1645,47 \text{ см}^3$;

$$m_{\text{фиг.}} = 7,85 \cdot 1645,47 = 12916,94 \text{ г или } 12,92 \text{ кг.}$$

Данное значение соответствует степени сложности С1.

Конфигурация поверхности разъема штампа – П определяем по ГОСТ 7505-89. На основе полученных данных определяем исходный индекс – 12.

Определяем припуски и кузнечные напуски.

Основные припуски на размер, мм:

- диаметр 110 мм и шероховатость поверхности 3,2 – 1,8мм;
- размер 130 мм и шероховатость поверхности 6,3 – 1,8мм;
- размер 142 мм и шероховатость поверхности 6,3 – 1,8мм;
- высота 77 мм и шероховатость поверхности 6,3 – 1,7мм;
- высота 17 мм и шероховатость поверхности 6,3 – 1,6мм.

Дополнительные припуски:

- смещение поверхности разъёма штампа – 0,2мм;
- изогнутость и отклонение от прямолинейности – 0,2 мм.

Штамповочные уклоны назначаем:

- на наружной поверхности – не более 7°, принимаем 7°;
- на внутренней поверхности – не более 10°, принимаем 10°.

Определяем размеры поковки (разрешается округлять линейные размеры поковки с точностью до 0,5 мм), мм:

- диаметр $110 + 2 \cdot (1,8 + 0,2 + 0,2) = 114,4 \text{ мм}$, принимаем $\varnothing 114_{-0,9}^{+1,6}$;
- размер $130 + 2 \cdot (1,8 + 0,2 + 0,2) = 134,4 \text{ мм}$, принимаем $134_{-0,9}^{+1,6}$;
- размер $142 + 2 \cdot (1,8 + 0,2 + 0,2) = 146,4 \text{ мм}$, принимаем $146_{-0,9}^{+1,6}$;
- высота $77 + 2 \cdot (1,7 + 0,2 + 0,2) = 81,2 \text{ мм}$, принимаем $81_{-0,8}^{+1,4}$;
- размер $17 - (1,6 + 0,2 + 0,2) = 15 \text{ мм}$, принимаем $15_{-1,3}^{+0,7}$.

Допускаемые отклонения размеров:

- радиус закругления наружных углов принимаем – 2 мм;
- радиус закругления внутренних углов принимаем – 6 мм;
- неуказанные допуски радиусов закругления – 0,5 мм;
- допустимая величина остаточного облоя – 0,8 мм;
- допустимое отклонение от плоскостности – 0,2 мм;
- допустимое смещение поверхности разъема штампа – 0,2 мм.

По приведённым выше размерам конструируем заготовку, и рассчитываем её массу, применив графическую программу «Компас-3D V13».

Масса заготовки : $m_3 = 13,2 \text{ кг}$.

Коэффициент использования материала определяем по формуле (1.2):

$$K_{\text{им}} = \frac{8,3}{13,2} = 0,62.$$

Определяем технологическую себестоимость заготовки по формуле (1.3):

$$S_{\text{T}}^{\text{I}} = \frac{8,3}{0,62} \cdot [39 + 3,0 \cdot (1 - 0,62)] = 537,3 \text{ руб.}$$

где $C_{\text{заг}}$ – стоимость 1 кг стали 35. По ценам 2015 года одна тонна штамповки – 39000 рублей, следовательно $C_{\text{заг}} = 39 \text{ руб.}$

1.5.1.2 Заготовка, получаемая из листового проката

Заготовку получаем резкой листа при помощи газовой резки металла.

Определяем припуски на заготовку [2].

На высоту 77 мм припуск и допуск $2,2,5^{+0,6}_{-1,3}$ мм. Принимаем по ГОСТ 19903-74 толщину листа 82мм.

Определяем размеры заготовки:

- ширина $130+6=136$, принимаем 136 ± 1 мм;

- длина $142+6=148$ мм принимаем 148 ± 1 мм.

Принимаем лист толщиной 82мм, шириной 1400мм, длиной 4500 мм.

Объём заготовки определяем по формуле:

$$V_3 = l \cdot b \cdot h, \quad (1.7)$$

$$V_3 = (15,2 \cdot 8,2 \cdot 13,6) = 1695,1 \text{ см}^3.$$

Масса заготовки определяется по формуле (1.6).

$$m_3 = 7,85 \cdot 1695,1 = 13,3 \text{ г или } 13,3 \text{ кг}.$$

Коэффициент использования материала определяем по формуле (1.2).

$$K_{\text{им}} = \frac{8,3}{13,3} = 0,624.$$

Технологическая себестоимость заготовки по формуле (1.3).

$$S_T^{\text{II}} = \frac{8,3}{0,624} \cdot [32,0 + 3,0 \cdot (1 - 0,624)] = 440,6 \text{ руб.},$$

где $C_{\text{заг}} = 32,0$ руб – стоимость 1 кг проката стали 35.

1.5.1.3 Оценка экономической эффективности заготовки

Таким образом, заготовка, получаемая из горячекатаного листа экономически более выгодна, чем заготовка, получаемая на КГШП. Примерную экономическую прибыль от получения заготовки из листа определяем по формуле:

$$\Delta = (S_T^{\text{I}} - S_T^{\text{II}}) \cdot N, \quad (1.8)$$

где N – годовая программа выпуска, $N = 660$ шт.

$$\Delta = (537,3 - 440,6) \cdot 660 = 63822 \text{ руб}.$$

Окончательно принимаем второй метод получения заготовки как базовый.

1.5.2 Составление технологического маршрута обработки

На основе анализа заводского технологического процесса изготовления детали разрабатываем новый технологический процесс, который представлен в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Предлагаемый технологический процесс

№ опер.	Наименование и содержание операции	Оборудование
1	2	3
005	Фрезерная Установ А -Фрезеровать поверхность в размер $133,5_{-1}$ мм.	Вертикально-фрезерный станок модели

Продолжение таблицы 1.8

1	2	3
	Установ Б - Фрезеровать поверхность в размер 131 _{-0,5} мм.	6P13
010	Слесарная - Удалить заусенцы	Верстак
015	Фрезерная Установ А -Фрезеровать поверхность в размер 145,5 ₋₁ мм. Установ Б - Фрезеровать поверхность в размер 143 _{-0,5} мм.	Вертикально-фрезерный станок модели 6P13
020	Слесарная - Удалить заусенцы	Верстак
025	Сверлильно-фрезерная с ЧПУ - Фрезеровать поверхность в размер 79 _{-0,2} . - Сверлить отверстие в размеры Ø40,5H14, 71,5±0,1мм, 74,5±0,1мм, на глубину 12 ⁺¹ . - Сверлить отверстие в размеры Ø34H13, 71,5±0,1мм, 74,5±0,1мм, на глубину 47 ⁺¹ . - Сверлить отверстие в размеры Ø27H13, 71,5±0,1мм, 74,5±0,1мм, на всю глубину. - Зенкеровать отверстие в размеры Ø28H11, 71,5±0,1мм, 74,5±0,1мм, на всю глубину. - Зенкеровать одновременно отверстия в размеры Ø41 ^{+0,62} , Ø34,8H11 на глубину 15 ^{+0,43} , 49 ^{+0,62} , и фаски 2x45°, 1,6 x45°, 1,6 x30°. - Развернуть отверстие в размеры Ø28,43 ^{+0,35 +0,08} , на всю глубину. - Развернуть отверстие в размеры Ø35 ^{+0,122 +0,080} , на глубину 49 ^{+0,62} .	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели S450
030	Сверлильно-фрезерная с ЧПУ - Фрезеровать торец в размер 77 _{-0,1} мм - Фрезеровать поверхность в размеры Ø111h12, с обработкой торца в размер 17 ^{+0,43} . - Фрезеровать поверхности в размеры 77±0,5, Ø110h10, с образованием фаски 1,6 x45°. - Обработать канавку в размеры R1, R0,5, 45° Ø107 _{-0,54} , 3 ^{+0,25} , фаску 1,6 x45°.- Зенкеровать поверхности в размеры 13 ^{+0,43} , Ø37H12, фаску 1,6 x45°. - Развернуть поверхности в размеры 13 ^{+0,43} , Ø38 ^{+0,122 +0,080} , фаску 1,6 x45°. - Фрезеровать резьбу M110x2-6g.	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели S450

Продолжение таблицы 1.8

1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> - Фрезеровать резьбу М30х1,5-7Н. - Центровать 23 отверстия в размеры $\varnothing 2Н14$, 2,45min. - Сверлить 9 отв. $\varnothing 8^{+0,36}$, на глубину, указанную в таблице на листе 2 эскиза. - Сверлить 10 отв. $\varnothing 6^{+0,3}$, на всю глубину. - Сверлить 2 отв. $\varnothing 4,8^{+0,1}$, на глубину $8^{+0,36}$. - Сверлить 2 отв. $\varnothing 5,8^{+0,1}$, на всю глубину. - Развернуть 2 отв. $\varnothing 6Н9$, на всю глубину - Развернуть 2 отв. $\varnothing 5^{+0,090}_{+0,080}$, на глубину $8^{+0,36}$. - Зенкеровать 9 канавок в размеры $\varnothing 10h13/\varnothing 15^{+0,16}_{+0,80}$ на глубину $1,4^{+0,1}$ и R0,1, R0,4. 	
035	<p>Слесарная</p> <ul style="list-style-type: none"> - Снять заусенцы 	Верстак
040	<p>Сверлильно-фрезерная с ЧПУ</p> <p>Позиция №1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Фрезеровать поверхность в размер $7\pm 0,2$ на проход. - Сверлить 4 отверстия в размеры $\varnothing 11^{+0,43}$, 32 ± 1, 38 ± 1, 40 ± 1, 48 ± 1 - Зенкеровать 4 отв. $\varnothing 13,5^{+0,43}$ на глубину $9\pm 0,5$. <p>Позиция №2 поворот на 90°</p> <ul style="list-style-type: none"> - Фрезеровать поверхность в размер $7,5\pm 0,2$ на проход. - Сверлить 2 отверстия с обеспечением размеров $\varnothing 23^{+0,33}$ мм ; $15^{+0,43}$ мм. - Сверлить 2 отверстия с обеспечением размеров $\varnothing 17^{+0,27}$ мм ; $27^{+0,62}$ мм. - Сверлить 2 отверстия в размеры $\varnothing 11^{+0,43}$, 43 ± 1, 56 ± 1. - Зенкеровать 2 отверстия $\varnothing 17,6Н11$ и $\varnothing 23,6Н11$ комбинированным зенкером, на глубину $28^{+0,52}$, с выполнением размеров $15^{+0,43}$, $1\times 45^\circ$, $2\pm 0,2$, 15°, R0,5...1,2. - Развернуть 2 отверстия $\varnothing 17,9Н9$ и $\varnothing 23,9D10$ комбинированной развёрткой, на глубину $28^{+0,52}$, с выполнением размеров $15^{+0,43}$, $1\times 45^\circ$, $2\pm 0,2$, 15°, R0,5...1,2. - Развернуть 2 отверстия $\varnothing 18,08^{+0,023}$ и $\varnothing 24,145^{+0,064}$ комбинированной развёрткой, на глубину $28^{+0,52}$, с выполнением размеров $15^{+0,43}$, $1\times 45^\circ$, $2\pm 0,2$, 15°, R0,5...1,2. 	<p>Сверлильно-фрезерно-расточной станок ИР320ПМФ4</p>

Продолжение таблицы 1.8

1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> - Центровать отверстие в размеры $\varnothing 3H14, 2,45\text{min.}$ - Сверлить отверстие в размеры $\varnothing 8^{+0,36}, 59\pm 1.$ - Зенкеровать отв. $\varnothing 10,5^{+0,43}$ на глубину $9\pm 0,5.$ - Сверлить 2 отв. с обеспечением размеров $\varnothing 14,5^{+0,3}; 21\pm 1,5.$ - Зенковать 2 фаски $2\times 45^\circ$ - Нарезать резьбу M16-7H на глубину $17\pm 1,5.$ Позиция №3 поворот на 180° - Фрезеровать поверхность в размер $134,5\pm 0,2$ на проход. - Сверлить 2 отверстия с обеспечением размеров $\varnothing 23^{+0,33}\text{ мм}; 15^{+0,43}\text{ мм.}$ - Сверлить 2 отверстия с обеспечением размеров $\varnothing 17^{+0,27}\text{ мм}; 27^{+0,62}\text{ мм.}$ - Сверлить 2 отверстия в размеры $\varnothing 11^{+0,43}, 54\pm 1, 73\pm 1.$ - Зенкеровать 2 отверстия $\varnothing 17,6H11$ и $\varnothing 23,6H11$ комбинированным зенкером, на глубину $28^{+0,52}$, с выполнением размеров $15^{+0,43}, 1\times 45^\circ, 2\pm 0,2, 15^{+4^\circ}, R0,5\dots 1,2.$ - Развернуть 2 отверстия $\varnothing 17,9H9$ и $\varnothing 23,9D10$ комбинированной развёрткой, на глубину $28^{+0,52}$, с выполнением размеров $15^{+0,43}, 1\times 45^\circ, 2\pm 0,2, 15^{+4^\circ}, R0,5\dots 1,2.$ - Развернуть 2 отверстия $\varnothing 18,08^{+0,023}$ и $\varnothing 24,145^{+0,064}$ комбинированной развёрткой, на глубину $28^{+0,52}$, с выполнением размеров $15^{+0,43}, 1\times 45^\circ, 2\pm 0,2, 15^{+4^\circ}, R0,5\dots 1,2.$ - Центровать 2 отверстия в размеры $\varnothing 3H14, 2,45\text{min.}$ - Сверлить 2 отверстия в размеры $\varnothing 8^{+0,36}, 50\pm 1, 59\pm 1$ - Зенкеровать 2 отв. $\varnothing 10,5^{+0,43}$ на глубину $9\pm 0,5.$ Позиция №4 поворот на 90° - Фрезеровать поверхность в размер $123\pm 0,2$ на проход. - Сверлить 6 отверстий с обеспечением размеров $\varnothing 19^{+0,21}\text{ мм}; 14^{+0,43}\text{ мм.}$ - Сверлить 6 отверстий с обеспечением размеров $\varnothing 13^{+0,13}\text{ мм}; 27^{+0,62}\text{ мм}; \varnothing 19^{+0,21}; 14^{+0,43}.$ - Сверлить 6 отверстий в размеры $\varnothing 8^{+0,36}, 83^{+1}, 70\pm 1, 48\pm 1, 50,5\pm 1, 68\pm 1, 50,5^{+1}.$ 	

Продолжение таблицы 1.8

1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> - Зенкеровать 6 отверстий $\varnothing 13,6H11$ и $\varnothing 19,6H11$ комбинированным зенкером, на глубину $28+0,52$, с выполнением размеров $15^{+0,43}$, $1 \times 45^\circ$, $2 \pm 0,2$, $15^{+0,4^\circ}$, $R0,5 \dots 1,2$. - Развернуть 6 отверстий $\varnothing 13,9H9$ и $\varnothing 19,9D10$ комбинированной развёрткой, на глубину $28+^{0,52}$, $15^{+0,43}$, $1 \times 45^\circ$, $2 \pm 0,2$, $15^{+0,4^\circ}$, $R0,5 \dots 1,2$. - Развернуть 6 отверстий $\varnothing 14,08^{+0,023}$ и $\varnothing 20,145^{+0,064}$ комбинированной развёрткой, на глубину $28+^{0,52}$, $15^{+0,43}$, $1 \times 45^\circ$, $2 \pm 0,2$, $15^{+0,4^\circ}$, $R0,5 \dots 1,2$. 	
045	<p>Термическое удаление заусенцев</p> <ul style="list-style-type: none"> - Удалить заусенцы 	Установка iTEM 250
050	<p>Промывка</p> <ul style="list-style-type: none"> - Очистить деталь от стружки 	
055	<p>Покрытие</p> <ul style="list-style-type: none"> - Покрыть деталь никелем согласно техпроцессу на покрытие 	
060	<p>Контрольная</p> <ul style="list-style-type: none"> - Контролировать размеры детали. 	Плита

1.5.3 Выбор баз

Выбор технологических баз в значительной степени определяет точность линейных размеров поверхностей, полученных в процессе обработки, выбор режущего и мерительного инструмента, станочных приспособлений, производительность обработки.

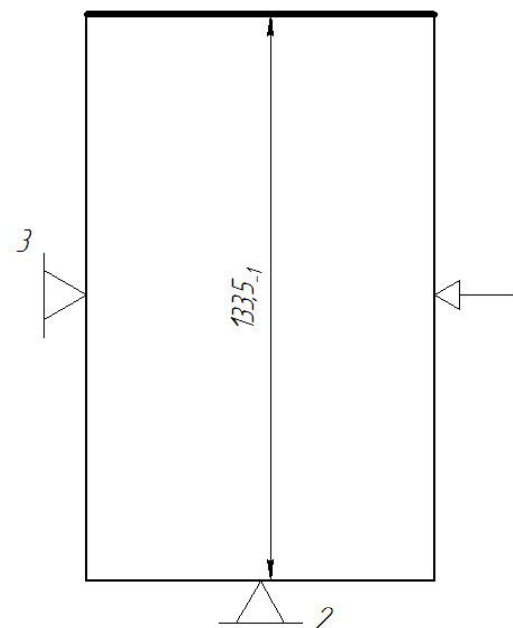
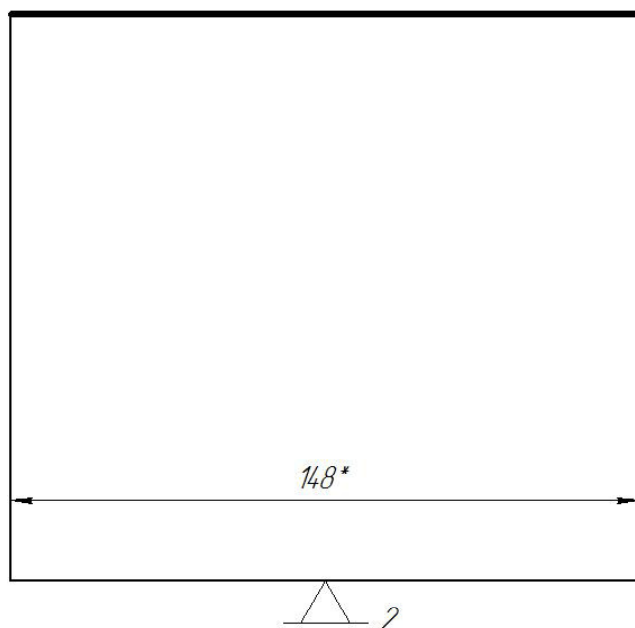
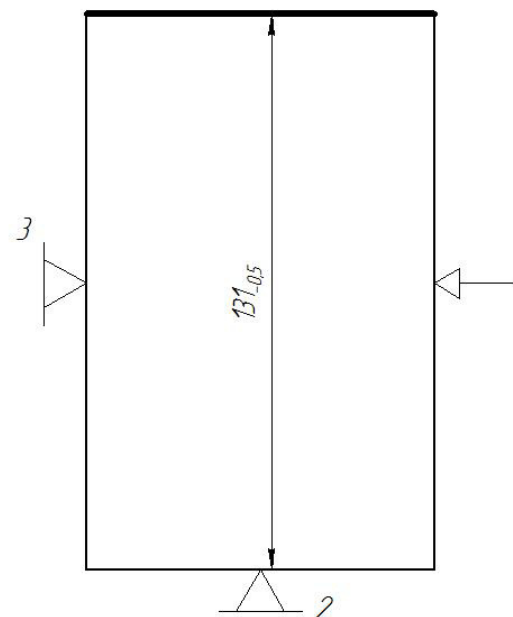
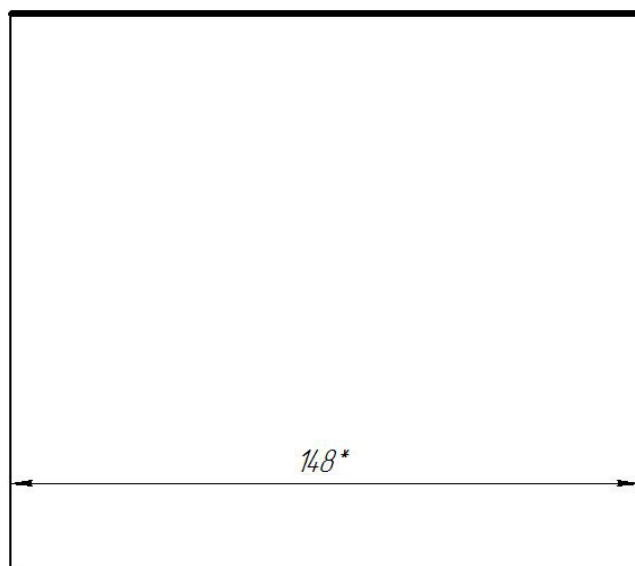
В качестве технологических баз при обработке корпуса используются следующие поверхности:

1.5.3.1 Операция 005 Фрезерная

Установ А, Б. Заготовка устанавливается в тисках с плоскими губками.

Заготовка базируется по плоскости и боковой поверхности. Схема базирования представлена на рисунке 1.6.

На все линейные размеры измерительная и технологическая базы совпадают, поэтому погрешность базирования равна нулю, $\varepsilon_6=0$.

Установ А*Установ Б**Рисунок 1.6 Схема базирования корпуса*

1.5.3.2 Операция 015 Фрезерная

Установ А, Б. Заготовка устанавливается в тисках с плоскими губками.

Заготовка базируется по плоскости и боковой поверхности. Схема базирования представлена на рисунке 1.7.

На все линейные размеры измерительная и технологическая базы совпадают, поэтому погрешность базирования равна нулю, $\varepsilon_6=0$.

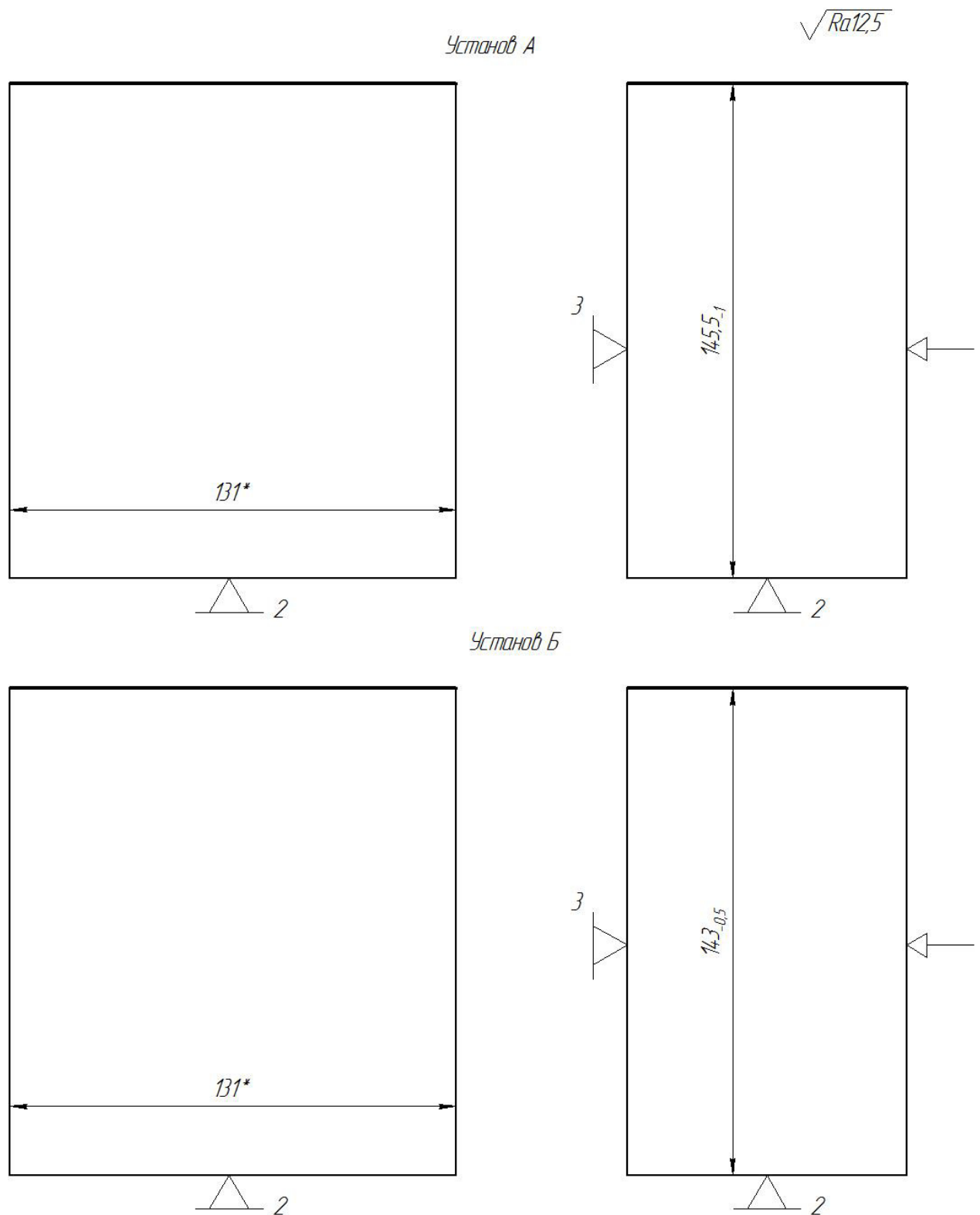


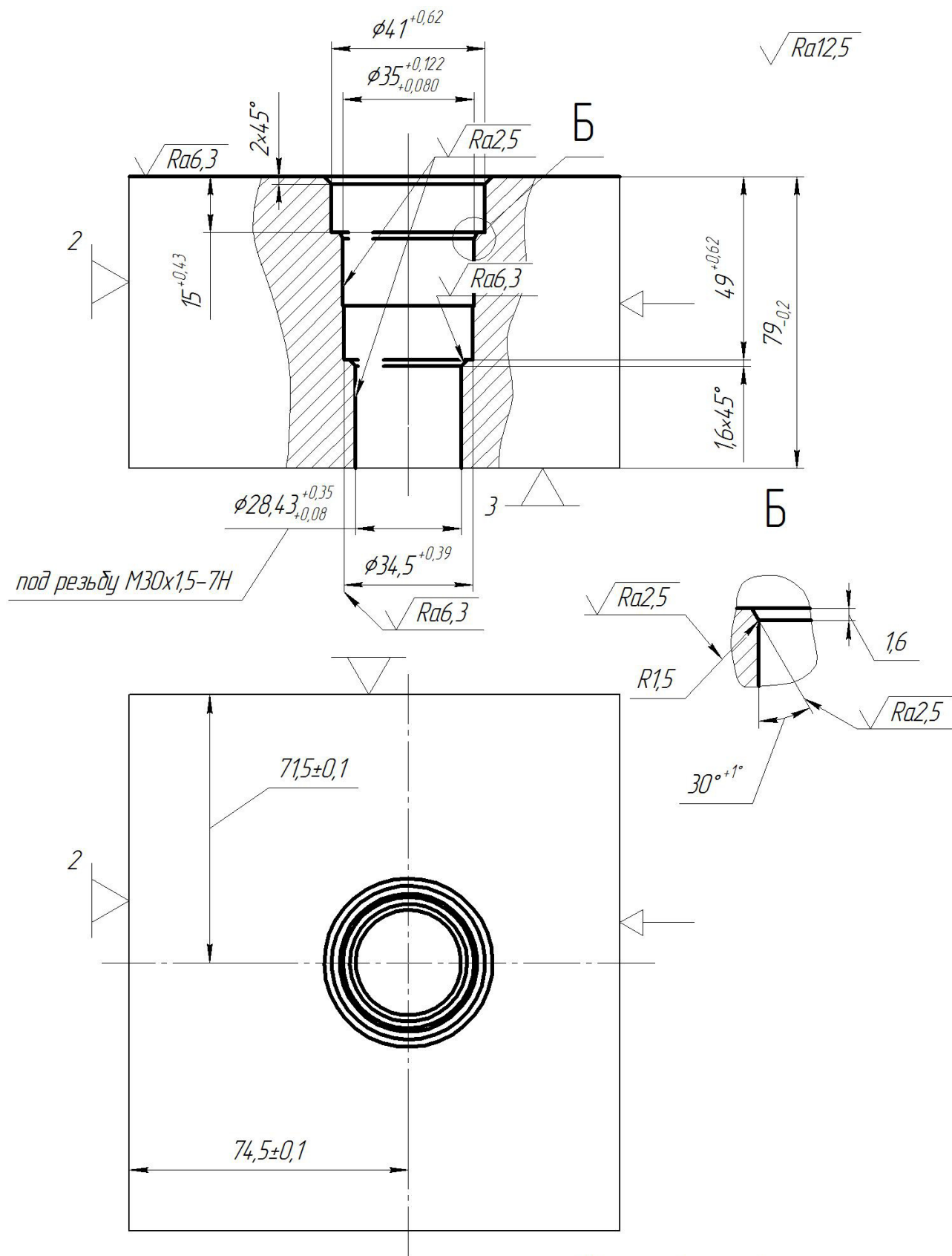
Рисунок 1.7 Схема базирования корпуса

1.5.3.3 Операция 025 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ

Заготовка базируется по трём плоскостям в специальном приспособлении. Схема базирования представлена на рисунке 1.8.

На все линейные размеры измерительная и технологическая базы совпадают, поэтому погрешность базирования равна нулю, $\varepsilon_6=0$.

Диаметральные размеры обеспечиваются инструментом и станком, поэтому $\varepsilon_6=0$.



**Размеры для справок.*

Рисунок 1.8 Схема базирования корпуса

1.5.3.4 Операция 030 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ

Заготовка базируется по плоскости и цилиндрическому пальцу, а также с упором по боковой плоскости в специальном приспособлении. Схема базирования представлена на рисунке 1.9.

На все линейные размеры измерительная и технологическая базы совпадают, поэтому погрешность базирования равна нулю, $\varepsilon_6=0$.

Диаметральные размеры обеспечиваются инструментом и станком, поэтому $\varepsilon_6=0$.

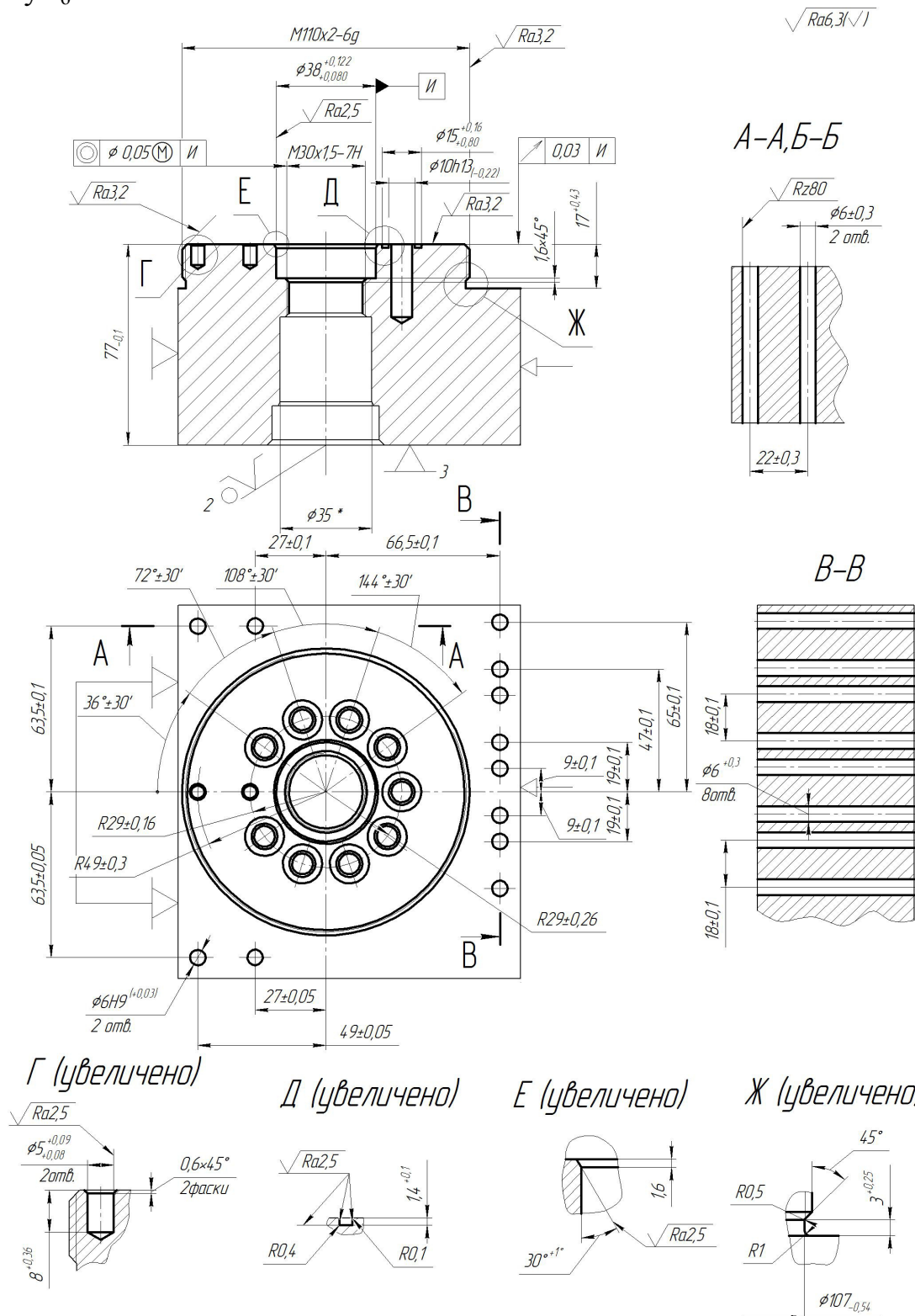


Рисунок 1.9 Схема базирования корпуса

1.5.3.5 Операция 040 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ

Заготовка базируется по плоскости цилиндрическому пальцу и срезанному пальцу. Схема базирования представлена на рисунке 1.10.

Все размеры отверстий, получаемых на этой операции обеспечиваются станком либо инструментом, поэтому для них $\varepsilon_6=0$.

Деталь базируется отверстием диаметр $6H9(^{+0,03}_{-0,022})$ мм, на палец диаметр $6f7(^{-0,011}_{-0,022})$ мм.

Погрешность базирования на линейные размеры:

$$\varepsilon = S_{\min} + \delta_A + \delta_B, \quad (1.9)$$

где δ_A – допуск на размер базового отверстия, $\delta_A=30$ мкм;

δ_B – допуск на размер пальца, $\delta_B=11$ мкм;

S_{\min} – минимальный гарантированный зазор, $S_{\min}=0-(-11)=11$ мкм.

$$\varepsilon_h = 30 + 11 + 11 = 51 \text{ мкм.}$$

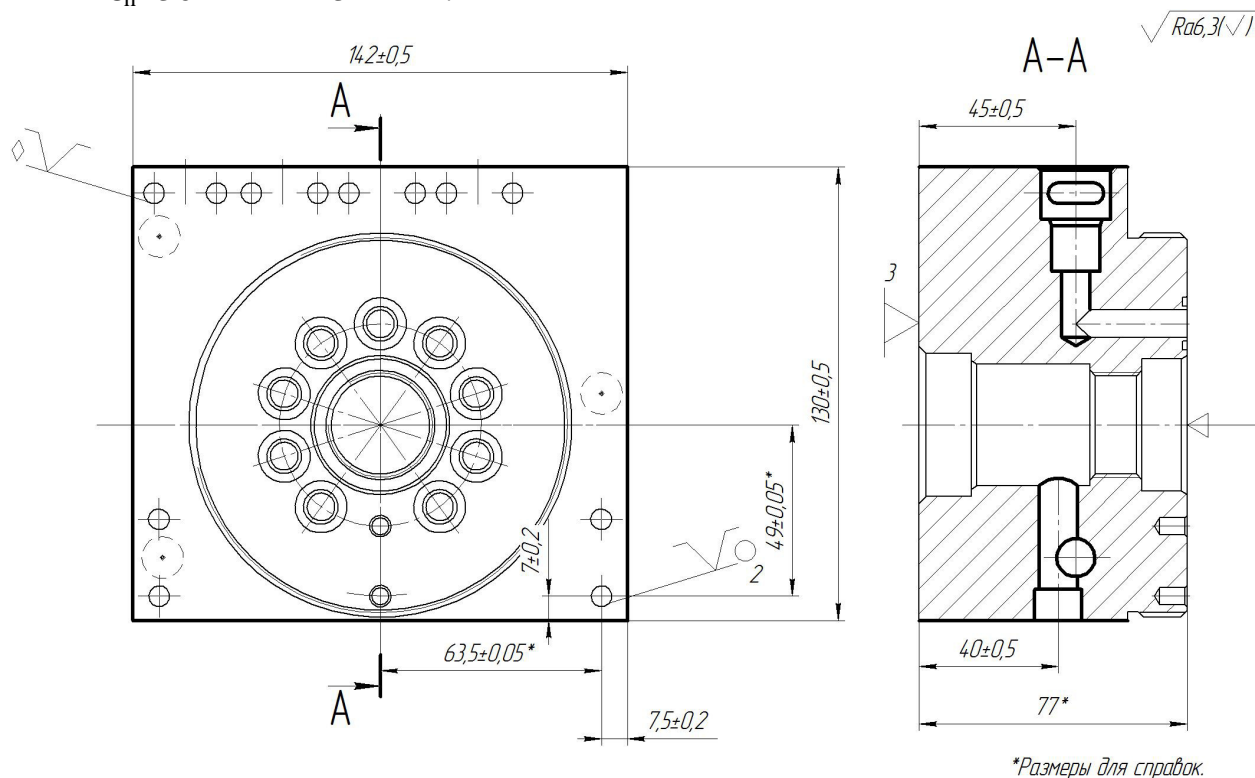


Рисунок 1.10 Схема базирования корпуса

1.5.4 Выбор средств технологического оснащения

1.5.4.1 Выбор оборудования [7,8]

Операция 005 и 015 Фрезерная

Таблица 1.9 – Вертикально-фрезерный консольный станок модели 6Р13

Технические характеристики	Значение
1	2
Размеры рабочей поверхности стола (ширина × длина)	400×1600
Наибольшие перемещения стола:	
продольное	1000
поперечное	300
вертикальное	420
Перемещение гильзы со шпинделем	80
Наибольший угол поворота шпиндельной головки, °	± 45

Продолжение таблицы 1.9

1	2
Внутренний конус шпинделя (конусность 7:24)	50
Число скоростей шпинделя	18
Частота вращения шпинделя, об/мин	31,5–1600
Число подач стола	18
Подача стола, мм/мин:	
продольная и поперечная	25–1250
вертикальная	8,3–416,6
Скорость быстрого перемещения стола, мм/мин:	
продольного и поперечного	3000
вертикального	1000
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	11
Габаритные размеры:	
длина	2560
ширина	2260
высота	2120
Масса (без выносного оборудования), кг	4200

Операция 025 и 030 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ

Таблица 1.10 – Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели S450

Технические характеристики	Значение
1	2
Размеры рабочей поверхности стола, мм	480x900
Наибольшая масса детали, устанавливаемой на столе станка (вместе с приспособлением), кг	400
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное (координата X)	600
поперечное (координата Y)	450
вертикальное (установочное)	-
Перемещение ползуна (координата Z), мм	450
Скорость быстрого перемещения узлов по координатам:	
X, Y, Z, м/мин	20-30
A, мин ⁻¹	-
Пределы подач по координатам:	
X, Y, Z, мм/мин	1-15000
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	0-8000
Мощность двигателя главного движения, кВт	до 15
Количество инструментов в магазине, шт	24
Наибольший диаметр инструмента, мм	100
Время смены инструмента, сек	10
Конус шпинделя	50

Продолжение таблицы 1.10

1	2
Отклонение от круглости при контурном фрезеровании цилиндрической поверхности, мм	0,005
Максимальная масса инструмента, кг	8
Количество одновременно управляемых координат: при линейной интерполяции при круговой интерполяции при линейно-круговой интерполяции	3 2 3
Габаритные размеры станка с электро- и гидрооборудованием, мм длина ширина высота	2200 3185 2830
Масса станка с электро- и гидрооборудованием, кг	4000
Класс точности	П
Установленная мощность, кВт	23

Операция 040 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ

Таблица 1.11 – Сверлильно-фрезерно-расточной станок модели ИР320ПМФ4

Класс точности	П
Размеры рабочей поверхности стола	320×320
Наибольшая масса изделия, кг	150
Конус для инструмента в шпинделе (по ГОСТ15945-70)	40
Наибольший диаметр расточки, мм	125
Диапазон частот вращения шпинделя, об/мин	13–5000
Пределы рабочих подач: стола (X) шпиндельной бабки (Y) ползуна (Z)	1–3200 1–3200 1–3200
Количество инструментов в магазине, шт	36
Диаметр шпинделя	165
Наибольшая длина инструмента, мм	220
Наибольшая масса инструмента, кг	10
Время смены инструмента, с	14
Количество одновременно управляемых осей при линейной и круговой интерполяции	2 из 3
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	7,5
Габаритные размеры (с приставным оборудованием): длина ширина высота	3840 2300 2507
Масса, кг	10000

1.5.4.2 Выбор средств технологического оснащения [8,9,10]

а) операция 005 и 015 Фрезерная

- фреза торцевая насадная Ø 125, z=9, 1Ф/3895-125, ТУ2.035.00223131.149-95 (ТИЗ) (торцевая насадная с механическим креплением твёрдосплавных пластин);

- пластина SPEW120408 (сплав Н10 – аналог Т5К10) – 9 шт.;
- тиски;
- штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-80;
- очки 0 ГОСТ 12.4.013-85;
- тара 505-190.

б) операция 025 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ

- фреза торцевая насадная 1Ф/3895-160 ТУ2.035.00223131.149-95 (ТИЗ);

- пластина SPEW120408 (сплав TP20AM) – 10 шт.;

- сверло со сменной головкой HiPer-DriLL 3xD, 27мм, (головка Ø27,0 НВ 7530 TiAlN-PVD), 231605 (GARANT);

- сверло со сменной головкой HiPer-DriLL 3xD, 34мм, (головка Ø34,0 НВ 7530 TiAlN-PVD), 231605 (GARANT);

- сверло со сменной головкой HiPer-DriLL 3xD, 40,5мм, (головка Ø40,5 НВ 7530 TiAlN-PVD), 231605 (GARANT);

- зенкер Ø28, P6M5, ГОСТ 12489-71;
- зенкер комбинированный специальный;
- развёртка Ø28,5 2363-3462 Н7 ГОСТ 1672-80;
- развёртка специальная Ø35^{+0,122}/_{+0,080};
- оправка для фрезы 50-190 ОСТ2 П15-2-84 – 1 шт.;
- державка 50-28-168,4 ОСТ2 П15-2-84 – 3шт;
- втулка 50-4 ОСТ2 П12-7 – 84 – 4шт. ;
- втулка 6101-0122 ГОСТ 18258-72;
- пробка ПР Ø28,51 (под ник.) СТП 406-4308-76;
- пробка НЕ Ø28,78 (под ник.) СТП 406-4308-76;
- пробка ПР 35Н9 (под ник.) СТП 406-4308-76;
- пробка НЕ 35Н9 (под ник.) СТП 406-4308-76;
- штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-80;
- штангенглубиномер 101–1635;
- приспособление специальное ФЮРА.300008.004 СБ;
- смазочно-охлаждающая жидкость ЛЗ-СОЖ-15 (МНД) ГОСТ 28549.7;
- очки 0 ГОСТ 12.4.013-85;
- тара 505-190.

в) операция 030 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ

- фреза торцевая насадная 1Ф/3895-160 ТУ2.035.00223131.149-95 (ТИЗ);

- пластина SPEW120408 (сплав TP20AM) – 10 шт.;

- сверло центровочное специальное Ø9, P6M5 ГОСТ10903-77;

- сверло Ø4,8 HSS/E TiAlN, 114600 4,8 (GARANT);

- сверло Ø5 HSS/E TiAlN, 114600 5 (GARANT);

- сверло Ø5,8 HSS/E TiAlN, 114600 5,8 (GARANT);

- сверло Ø6 HSS/E TiAlN, 114600 6 (GARANT);

- сверло Ø8 HSS/E TiAlN, 114600 8 (GARANT);

- развертка Ø5,1H7, VHM, TiAlN, 164341 5,1 (GARANT);
- развертка Ø6H7, VHM, TiAlN, 164341 6, (GARANT);
- зенкер комбинированный специальный;
- зенкер комбинированный специальный;
- развёртка комбинированная;
- фреза концевая Ø10мм, z=4, HSS-Co8, 191 590 (Horex);
- фреза концевая Ø14мм, z=4, HSS-Co8, 191 590 (Horex);
- фреза дисковая специальная;
- резьбовая фреза с СМП 30/52 218000 (GARANT) – 2шт.;
- фрезерная СМП для внутренней резьбы шаг 1,5мм 218005 (GARANT);
- фрезерная СМП для наружной резьбы шаг 2мм 218015 (GARANT);
- оправка для фрезы 50-190 ОСТ2 П15-2-84 – 1 шт.;
- державка 50-28-186,6 ОСТ2 П15-2-84 – 2 шт.;
- патрон 1-50-2-100 ГОСТ 26539-85 – 9шт.;
- втулка 50-4 ОСТ2 П12-7 – 84 – 5шт.;
- втулка 6101-0122 ГОСТ 18258-72 – 2шт.;
- втулка 6101-0123 ГОСТ 18258-72;
- пробка ПР, НЕ 5Н9 (под ник.) СТП 406-4308-76;
- пробка ПР, НЕ 6Н9 СТП 406-4308-76;
- кольцо резьбовое М110х2-8g ПР ГОСТ 17763-72;
- кольцо резьбовое М110х2-8g НЕ ГОСТ 17763-72;
- пробка ПР 35Н9 (под ник.) СТП 406-4308-76;
- пробка НЕ 35Н9 (под ник.) СТП 406-4308-76;
- пробка ПР 38Н9 (под ник.) СТП 406-4308-76;
- пробка НЕ 38Н9 (под ник.) СТП 406-4308-76;
- пробка ПР М30х1,5-6Н ГОСТ17756-72;
- пробка НЕ М30х1,5-6Н ГОСТ17756-72;
- приспособление специальное;
- штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-80;
- штангенглубиномер 101–1635;
- смазочно-охлаждающая жидкость ЛЗ-СОЖ-15 (МНД) ГОСТ 28549.7;
- очки 0 ГОСТ 12.4.013-85;
- тара 505-190.

г) операция 040 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ

- фреза торцевая насадная 1Ф/3825-100 ТУ2.035.0223131.177-92 (ТИЗ);
- пластина SEHW1204 AFFN (сплав TP20AM) – 8 шт.;
- сверло центровочное специальное Ø9, P6M5 ГОСТ10903-77;
- сверло Ø8 HSS/E TiAlN, 114600 8 (GARANT);
- сверло со сменной головкой KUB K2 5xD, 11мм, (головка Ø11,0 BK8425), 232205 (КОМЕТ);
- сверло со сменной головкой KUB K2 3xD, 13,0мм, (головка Ø13,0 BK8425), 232200 (КОМЕТ);
- сверло со сменной головкой KUB K2 3xD, 14,5мм, (головка Ø14,5 BK8425), 232200 (КОМЕТ);
- сверло со сменной головкой KUB K2 3xD, 17мм, (головка Ø17,0 BK8425), 232200 (КОМЕТ);
- сверло со сменной головкой KUB K2 3xD, 19мм, (головка Ø19,0

ВК8425), 232200 (КОМЕТ);

- сверло со сменной головкой HiPer-DriLL 3xD, 23мм, (головка Ø23,0 HB 7530 TiAlN-PVD), 231605 (GARANT);

- зенкер комбинированный специальный;
- зенкер комбинированный специальный;
- развёртка комбинированная;
- развёртка комбинированная;
- развёртка комбинированная;
- развёртка комбинированная ФЮРА.300008.006;
- зенковка 2353-0021 ГОСТ 14953-80;
- зенкер Ø10,5 ГОСТ 12489-71;
- зенкер Ø13,5 ГОСТ 12489-71;
- метчик 2620-1609 3 ГОСТ3266-81;
- оправка для фрезы 50-190 ОСТ2 П15-2-84 – 1 шт.;
- патрон 1-50-2-100 ГОСТ 26539-85 – 2шт.;
- державка 50-28-168,4 ОСТ2 П15-2-84 – 3шт;
- втулка 50-4 ОСТ2 П12-7 – 84 – 11шт. ;
- втулка 6101-0122 ГОСТ 18258-72 для стандартных инструментов;
- втулка 6101-0123 ГОСТ 18258-72 для стандартных инструментов;
- пробка ПР НЕ 14Н9 (под ник.) СТП 406-4308-76;
- пробка ПР НЕ 18Н9(под ник.) СТП 406-4308-76;
- пробка ПР НЕ 20D10 (под ник.) СТП 406-4308-76;
- пробка ПР НЕ 24D10 (под ник.) СТП 406-4308-76;
- пробка Ø12Н14;
- пробка Ø8Н14;
- калибр симметричности ФЮРА.300008.007СБ;
- калибр соосности;
- пробка ПР М16-7Н 8221-1068 ГОСТ17757-72;
- пробка НЕ М16-6Н 8221-1068 ГОСТ17756-72;
- приспособление ФЮРА.300008.005СБ;
- штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-80;
- штангенглубиномер 101–1635;
- смазочно-охлаждающая жидкость ЛЗ-СОЖ-15 (МНД) ГОСТ 28549.7;
- очки 0 ГОСТ 12.4.013-85
- тара 505-190.

1.5.5 Расчёт припусков на механическую обработку

Расчёт припусков производится по методике, изложенной в [5] .

Для удобства расчета данным методом предусмотрено заполнение специальной таблицы 1.12.

Последовательность заполнения таблицы 1.12:

- заполняем первый столбец таблицы, в котором указываем технологические переходы в принятой последовательности;
- для каждого перехода находим значения каждой составляющей формулы;
- по вышеуказанной формуле находим Z_{\min} для всех переходов;
- для конечного перехода записываем наименьший предельный размер

по чертежу;

- для предшествующих переходов определяем расчетный размер, прибавляя к нему Z_{\min} ;
- записываются минимальные предельные размеры по всем переходам, округляя их увеличением до знака допуска;
- определяются максимальные предельные размеры, прибавляя допуск на соответствующий размер;
- определяется Z_{\max} как разность максимальных размеров, Z_{\min} как разность минимальных размеров;
- определяется общий максимальный и минимальный припуск;
- проверяется правильность расчета по правилу: разница допусков должна быть равна разнице припусков.

По заданию рассчитывается припуск аналитическим методом на две наиболее точных поверхностей.

Таблица 1.12 – Последовательность переходов

Отверстие $\varnothing 14 \begin{smallmatrix} +0,103 \\ +0,080 \end{smallmatrix}$.	Квалитет точности	Высота неровностей профиля Rz, мкм	Глубина дефектного поверхностного слоя h, мкм.
Прокат	-	200	250
Сверление	14кв.	40	60
Рассверливание	12кв.	32	50
Зенкерование	11кв.	40	40
Развертывание черновое	9кв.	32	40
Развертывание чистовое	8кв.	20	20

Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки по [5]:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(\Delta_y \cdot l)^2 + C_0^2}, \quad (1.10)$$

где $\Delta_y = 1,7$ мкм – величина увода оси сверла;

l – длина просверливаемого отверстия, мм;

C_0 – смещение оси отверстия, мкм.

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(1,7 \cdot 50)^2 + 1500^2} = 1502,4 \text{ мкм.}$$

Остаточная величина пространственного отклонения после предварительной обработки:

$$\Delta_i = K_y \cdot \Delta_{i-1}, \quad (1.11)$$

где K_y – коэффициент уточнения формы;

$K_{y1} = 0,06$ – для сверления;

$K_{y2} = 0,05$ – для рассверливания;

$K_{y3} = 0,04$ – для зенкерования;

$K_{y4} = 0,03$ – для развертывания чернового;

$K_{y5} = 0,02$ – для развертывания чистового.

$$\Delta 1 = K_{y1} \cdot \Delta z = 0,06 \cdot 1502,4 = 90,144 \text{ мкм.}$$

$$\Delta 2 = K_{y2} \cdot \Delta 1 = 0,05 \cdot 90,144 = 4,5 \text{ мкм.}$$

$$\Delta 3 = K_{y3} \cdot \Delta 2 = 0,04 \cdot 4,5 = 0,18 \text{ мкм.}$$

$$\Delta 4 = K_{y4} \cdot \Delta 3 = 0,03 \cdot 0,18 = 0,005 \text{ мкм.}$$

$$\Delta 5 = K_{y5} \cdot \Delta 4 = 0,02 \cdot 0,005 = 0,0001 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки $\xi = 0$.

Далее производится расчёт минимальных значений межоперационных припусков по [5]:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \xi_i^2}), \quad (1.12)$$

где Rz_{i-1} – высота неровностей профиля на предшествующем переходе, мкм;

h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе, мкм;

Δ_{i-1} – суммарные отклонения расположения поверхностей, мкм;

E_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Минимальный припуск под сверление:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (200 + 250 + \sqrt{1502,4^2 + 0^2}) = 3904,8 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск под рассверливание:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (40 + 60 + \sqrt{90,144^2 + 0^2}) = 380,29 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск под зенкерование:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (32 + 50 + \sqrt{4,5^2 + 0^2}) = 173 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск под развертывание черновое:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (40 + 40 + \sqrt{0,18^2 + 0^2}) = 196 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск под развертывание чистовое:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (32 + 40 + \sqrt{0,005^2 + 0^2}) = 144,01 \text{ мкм.}$$

Графа “расчётный размер” (d_p) заполняется, начиная с конечного, в данном случае чертёжного размера, последовательным вычитанием расчётного минимального припуска каждого технологического перехода.

$d_p = 14,103 \text{ мм}$ – для чистового развертывания;

$d_p = 14,103 - 0,14401 = 13,9589 \text{ мм}$ – для чернового развертывания;

$d_p = 13,9589 - 0,196 = 13,7629 \text{ мм}$ – для зенкерования;

$d_p = 13,7629 - 0,173 = 13,5899 \text{ мм}$ – для рассверливания;

$d_p = 13,5899 - 0,380 = 13,2097 \text{ мм}$ – для сверления.

Округляются рассчитанные максимальные размеры до знака допуска Td и заносятся в таблицу 1.13.

Определяется минимальный предельный размер вычитанием из максимального размера допуска Td :

$$d_{\min} = d_{\max} - Td, \quad (1.13)$$

$d_{\min} = 14,103 - 0,023 = 14,08 \text{ мм}$ – для чистового развертывания;

$d_{\min} = 13,958 - 0,043 = 13,915 \text{ мм}$ – для чернового развертывания;

$d_{\min} = 13,76 - 0,11 = 13,65 \text{ мм}$ – для зенкерования;

$d_{\min} = 13,58 - 0,18 = 13,4 \text{ мм}$ – для рассверливания;

$d_{\min} = 13,2 - 0,43 = 12,77 \text{ мм}$ – для сверления.

Полученные предельные припуски:

$2Z_{\min} = 14,103 - 13,958 = 0,145$ мм – для чистового развертывания;

$2Z_{\min} = 13,958 - 13,76 = 0,195$ мм – для чернового развертывания;

$2Z_{\min} = 13,76 - 13,58 = 0,18$ мм – для зенкерования;

$2Z_{\min} = 13,58 - 13,2 = 0,38$ мм – для рассверливания;

$2Z_{\max} = 14,08 - 13,915 = 0,165$ мм – для чистового развертывания;

$2Z_{\max} = 13,915 - 13,65 = 0,265$ мм – для чернового развертывания;

$2Z_{\max} = 13,65 - 13,4 = 0,25$ мм – для зенкерования;

$2Z_{\max} = 13,4 - 12,77 = 0,63$ мм – для рассверливания.

Расчёт общих припусков:

$Z_{\max} = 0,165 + 0,265 + 0,25 + 0,63 = 1,31$ мм – максимальный припуск;

$Z_{\min} = 0,145 + 0,195 + 0,18 + 0,38 = 0,903$ мм – минимальный припуск.

Проверка правильности расчётов:

$$Z_{\max} - Z_{\min} = Td_{\text{заг}} - Td_{\text{дет.}} \quad (1.14)$$

$$1,31 - 0,903 = 0,43 - 0,023.$$

$$0,407 = 0,407.$$

Следовательно расчёт припусков произведен верно.

Полученные выше значения заносятся в таблицу 1.13

Аналогично производим расчет для отверстия $\varnothing 35 \begin{smallmatrix} +0,122 \\ +0,08 \end{smallmatrix}$.

Таблица 1.13 – Припуски на механическую обработку

Элементарная поверхность детали и технологический маршрут ее обработки	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{\min p}$, мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допуск на изготовление T_d , мм	Принятые размеры по переходам, мм		Полученные предельные припуски, мкм	
	Rz	h	Δ	E				d_{\max}	d_{\min}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Ø14 ($^{+0,103}_{+0,080}$). Прокат	200	250	1502,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Сверление	40	60	90,144	0	3904,8	13,2097	0,43	13,2	12,7	-	-
Рассверливание	32	50	4,5	0	380,29	13,5899	0,18	13,58	13,4	0,63	0,38
Зенкерование	40	40	0,18	0	173	13,7629	0,11	13,76	13,65	0,25	0,18
Развертывание Черновое	32	40	0,005	0	196	13,9589	0,043	13,958	13,915	0,265	0,195
Развертывание чистовое	20	20	0,0001	0	14,01	14,103	0,023	14,103	14,08	0,165	0,145
Ø35 ($^{+0,062}$). Прокат	200	250	3000,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Сверление	40	60	180,03	0	6901	34,0151	0,62	34,015	33,39	0,93	0,56
Рассверливание	32	50	9,0015	0	560,06	34,5751	0,25	34,57	34,32	0,232	0,182
Зенкерование	40	40	0,36	0	182,003	34,7571	0,16	34,75	34,55	0,299	0,16
Развертывание черновое	32	40	0,0108	0	160,72	34,9179	0,062	34,91	34,85	0,167	0,144
Развертывание чистовое	20	20	0,0002	0	144,0216	35,062	0,039	35,06	35,02	0,93	0,56

1.5.6 Расчет режимов резания

Расчет режимов резания и назначение режимов обработки производим по [7].

Операция 005 Фрезерная. Установ А.

Первый переход: Фрезеровать поверхность в размер 133,5_±мм.

Глубину резания принимаем – $t = 2,5$ мм.

Ширину фрезерования – $B = 82$ мм.

Назначаем подачу на зуб: $S_z = 0,12$ мм/зуб.

Скорость резания находим по формуле:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v, \quad (1.15)$$

где T – период стойкости фрезы, принимаем равным $T = 180$ мин;

C_v, q, x, y, u, p, m – коэффициент и показатели степени, ($C_v = 332, q = 0,2, x = 0,1, y = 0,4, u = 0,2, p = 0, m = 0,2$);

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, который определяется по формуле:

$$K_v = K_{MV} K_{IV} K_{PIV}, \quad (1.16)$$

где K_{MV} – коэффициент на обрабатываемый материал, который определяется по формуле:

$$K_{MV} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (1.17)$$

где K_Γ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_\Gamma = 1,0$;

n_v – показатель степени, $n_v = 1$;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий материал инструмента, $K_{IV} = 0,65$;

K_{PIV} – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{PIV} = 1,0$.

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^1 = 1,42.$$

$$K_v = 1,42 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 0,92.$$

$$V = \frac{332 \cdot 125^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 2,5^{0,1} \cdot 0,12^{0,4} \cdot 82^{0,2} \cdot 9^0} \cdot 0,92 = 250,7 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \quad (1.18)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 250,7}{3,14 \cdot 125} = 628 \text{ об/мин.}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя в соответствии с паспортными данными станка: $n_{ст} = 500$ об/мин.

Находим действительную скорость резания по формуле:

$$V_d = \frac{\pi D n_{ст}}{1000}, \quad (1.19)$$

$$V_D = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 500}{1000} = 196,5 \text{ м/мин.}$$

Минутную подачу определяем по формуле:

$$S_M = S_Z n_{\text{ст}}, \quad (1.20)$$

$$S_M = 0,12 \cdot 9 \cdot 500 = 540 \text{ мм/мин.}$$

Корректируем минутную подачу в соответствии с паспортными данными станка: $S_M = 450 \text{ мм/мин.}$

Силу резания определяем по формуле:

$$P_Z = \frac{10 C_P t^x S_Z^y B^u Z}{D^q n_{\text{ст}}^w} K_{\text{MP}}, \quad (1.21)$$

где C_P, x, y, u, q, w – коэффициент и показатели степени, ($C_P = 825$, $x = 1$, $y = 0,75$, $u = 1,1$, $q = 1,3$, $w = 0,2$);

K_{MP} – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, который определяется по формуле:

$$K_{\text{MP}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (1.22)$$

где n – показатель степени, $n = 0,3$.

$$K_{\text{MP}} = \left(\frac{530}{750} \right)^{0,3} = 0,9.$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2,5^1 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 82^{1,1} \cdot 9}{125^{1,3} \cdot 500^{0,2}} \cdot 0,9 = 2261 \text{ Н.}$$

Крутящий момент определяем по формуле:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_Z D}{2 \cdot 100}, \quad (1.23)$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{2261 \cdot 125}{2 \cdot 100} = 1850 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Мощность, затрачиваемую на резание, определяем по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z V_D}{1020 \cdot 60}, \quad (1.24)$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{2261 \cdot 196,5}{1020 \cdot 60} = 7,25 \text{ кВт.}$$

Проверка на достаточность привода станка производится по формуле:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}, \quad (1.25)$$

где $N_{\text{шп}}$ – мощность привода станка, которая определяется по формуле:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{ст}} \eta, \quad (1.26)$$

где $N_{\text{ст}}$ – мощность станка, $N_{\text{ст}} = 11 \text{ кВт}$;

η – КПД привода, $\eta = 0,9$.

$$N_{\text{шп}} = 11 \cdot 0,9 = 9,9 \text{ кВт.}$$

Так как $7,25 < 9,9$, следовательно, условие выполняется.

Основное время определяем по формуле:

$$T_o = \frac{L}{S_M} i, \quad (1.27)$$

где i – число проходов, $i = 1$;

L – длина рабочего хода, которая определяется по формуле:

$$L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}},$$

$$L = 148 + 30 + 6 = 184 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{184}{450} = 0,40 \text{ мин.}$$

(1.28)

По методике [7,8,11,12] проводим расчеты для последующих переходов и операций. Для инструмента фирмы GARANT расчет режимов резания проводим при помощи модуля расположенного на сайте <http://www.toolscout.de/ToolScout/CuttingData/direct.shtml>. Расчет режимов резания сводим в таблицу 1.14.

Таблица 1.14 – Режимы резания

№	Содержание перехода	i	V , м/мин	t , мм	S_m , мм/мин	S , мм/об	n , об/мин	N , кВт	T_o , мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Операция 005 Фрезерная									
1	Установ А Фрезеровать поверхность в размер 133,5 ₋₁ мм.	1	196,5	2,5	450	-	500	7,25	0,4
2	Установ Б Фрезеровать поверхность в размер 131 _{-0,5} мм.	1	196,5	2,5	450	-	500	7,25	0,4
Операция 015 Фрезерная									
1	Установ А Фрезеровать поверхность в размер 145,5 ₋₁ мм.	1	196,5	2,5	450	-	500	7,25	0,37
2	Установ Б Фрезеровать поверхность в размер 143 _{-0,5} мм	1	196,5	2,5	450	-	500	7,25	0,37
Операция 025 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ									
1	Фрезеровать плос- кость с обеспечением размера 79 _{-0,2} на проход	1	200,9	3	480	-	400	4,6	0,52
2	Сверлить отверстие в размеры Ø40,5Н14, 71,5±0,1мм, 74,5±0,1мм, на глубину 12 ⁺¹ .	1	110	20,2	-	0,2	864	10,2	0,2

Продолжение таблицы 1.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	Сверлить отверстие в размеры Ø34Н13, 71,5±0,1мм, 74,5±0,1мм, на глубину 47 ⁺¹	1	110	17	-	0,25	1030	8,7	0,25
4	Сверлить отверстие в размеры Ø27Н13, 71,5±0,1мм, 74,5±0,1мм, на всю глубину	1	110	13,5	-	0,4	1300	11,2	0,2
5	Зенкеровать отверстие в размеры Ø28Н11, 71,5±0,1мм, 74,5±0,1мм, на всю глубину.	1	27,6	0,5	-	0,4	315	0,9	0,7
6	Зенкеровать одновременно отверстия в размеры Ø41 ^{+0,62} , Ø34,8Н11 на глубину 15 ^{+0,43} , 49 ^{+0,62} , и фаски 2х45°, 1,6 х45°, 1,6 х30°.	1	32,1	0,65	-	0,4	250	0,95	0,58
7	Развернуть отверстие в размеры Ø28,43 ^{+0,35} _{+0,08} на всю глубину.	1	17,8	0,2	-	0,6	200	0,52	0,4
8	Развернуть отверстие в размеры Ø35 ^{+0,122} _{+0,080} , на глубину 49 ^{+0,62} .	1	21,9	0,1	-	0,6	200	0,56	0,38
Операция 030 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ									
1	Фрезеровать торец в размер 77 _{-0,1} мм	1	200,9	3	400	-	400	3,8	0,6
2	Фрезеровать поверхность в размеры Ø111h12, с обработкой торца в размер 17 ^{+0,43} .	1	60,8	7	131	-	1380	1,8	6,1
3	Фрезеровать поверхности в размеры 77±0,5, Ø110h10, с образованием фаски 1,6 х45°.	1	60,8	0,5	177	-	1940	1,1	2,1

Продолжение таблицы 1.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Обработать канавку в размеры R1, R0,5, 45° Ø107 ^{-0,54} , 3 ^{+0,25} , фаску 1,6 х45°.	1	31,4	3	150	-	250	0,98	2,5
5	Зенкеровать отверстие в размеры 13 ^{+0,43} , Ø37,6H12, фаску 1,6 х45°	1	29,1	4,8	-	0,5	250	1,03	0,2
6	Развернуть отверстие в размеры 13 ^{+0,43} , Ø38 ^{+0,122} _{+0,080} , фаску 1,6 х45°.	1	23,8	0,2	-	0,8	200	0,86	0,15
7	Фрезеровать резьбу M110x2-6g.	1	120	1,0	281	-	2250	0,75	4,3
8	Фрезеровать резьбу M30x1,5-7H.	1	120	0,8	415	-	3320	0,68	1,9
9	Центровать 23 отверстия в размеры Ø3H14, 2,45min.	23	9,4	1,5	-	0,25	1000	0,25	0,46
10	Сверлить 9 отв. Ø8 ^{+0,36} , на глубину, указанную в таблице на листе 2 эскиза	9	35,1	4	-	0,11	1400	0,46	2,95
11	Сверлить 10 отв. Ø6 ^{+0,3} , на всю глубину	10	37	3	-	0,08	1960	0,27	4,2
12	Сверлить 2 отв. Ø4,8 ^{+0,1} _{8^{+0,36}} , на глубину	2	37	2,4	-	0,03	2450	0,09	0,4
13	Сверлить 2 отв. Ø5,8 ^{+0,3} , на всю глубину.	2	37	2,9	-	0,08	2030	0,26	0,8
14	Развернуть 2 отв. Ø6H9, на всю глубину	2	30	0,1	-	0,15	1590	0,02	0,55
15	Развернуть 2 отв. Ø5 ^{+0,090} _{+0,080} , на глубину 8 ^{+0,36} .	2	30	0,1	-	0,15	1870	0,02	0,1
16	Зенкеровать 9 канавок в размеры	9	23,5	2,5	-	0,3	500	0,88	0,45

Продолжение таблицы 1.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Ø10h13/Ø15 ^{+0,16} _{+0,80} на глубину 1,4 ^{+0,1} и R0,1, R0,4.								
Операция 040 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ									
Позиция 1									
1	Фрезеровать поверхность в размер 7±0,2 на проход.	1	197,8	1	400	-	630	6,5	0,45
2	Сверлить 4 отверстия в размеры Ø11 ^{+0,43} , 32±1, 38±1, 40±1, 48±1	4	100	5,5	-	0,2	2890	2,59	0,4
3	Зенкеровать 4 отв. Ø13,5 ^{+0,43} на глубину 9±0,5	4	21,2	1,25	-	0,5	500	0,45	0,25
Позиция 2									
4	Фрезеровать поверхность в размер 7,5±0,2 на проход.	1	197,8	1	400	-	630	6,5	0,4
5	Сверлить 2 отверстия с обеспечением размеров Ø23 ^{+0,33} мм; 15 ^{+0,43} мм.	2	110	11,5	-	0,35	1510	6,3	0,1
6	Сверлить 2 отверстия с обеспечением размеров Ø17 ^{+0,27} мм; 27 ^{+0,62} мм.	2	100	8,5	-	0,2	1870	4,0	0,15
7	Сверлить 2 отверстия в размеры Ø11 ^{+0,43} , 43±1, 56±1	2	100	5,5	-	0,2	2890	2,59	0,3
8	Зенкеровать 2 отверс- тия Ø17,6H11 и Ø23,6H11 комбини- рованным зенкером, на глубину 28 ^{+0,52} , с выполнением размеров 15 ^{+0,43} , 1x45°, 2±0,2, 15° ^{+4°} , R0,5...1,2.	2	23,4	0,6	-	0,5	315	0,53	0,45

Продолжение таблицы 1.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	Развернуть 2 отверстия $\varnothing 17,9H9$ и $\varnothing 23,9D10$ комбинированной развёрткой, на глубину $28^{+0,52}$, с выполнением размеров $15^{+0,43}$, $1 \times 45^\circ$, $2 \pm 0,2$, $15^\circ \pm 4^\circ$, $R0,5 \dots 1,2$.	2	18,8	0,3	-	0,8	250	0,32	0,35
10	Развернуть 2 отверстия $\varnothing 18,08^{+0,023}$ и $\varnothing 24,145^{+0,064}$ комбинированной развёрткой, на глубину $28^{+0,52}$, с выполнением размеров $15^{+0,43}$, $1 \times 45^\circ$, $2 \pm 0,2$, $15^\circ \pm 4^\circ$, $R0,5 \dots 1,2$.	2	18,9	0,2	-	0,6	250	0,2	0,45
11	Центровать отверстие в размеры $\varnothing 3H14$, $2,45 \text{ min}$.	1	9,4	1,5	-	0,25	1000	0,25	0,05
12	Сверлить отверстие в размеры $\varnothing 8^{+0,36}$, 59 ± 1	1	35,1	4	-	0,11	1400	0,46	0,42
13	Зенкеровать отв. $\varnothing 10,5^{+0,43}$ на глубину $9 \pm 0,5$.	1	20,7	1,25	-	0,4	630	0,2	0,06
14	Сверлить 2 отв. с обеспечением размеров $\varnothing 14,5^{+0,3}$; $21 \pm 1,5$.	2	1000	7,25	-	0,2	2200	3,41	0,2
15	Зенковать 2 фаски $2 \times 45^\circ$.	2	25,12	2	-	0,2	500	0,1	0,1
16	Нарезать резьбу $M16-7H$ на глубину $17 \pm 1,5$.	2	6,2	0,75	-	1,45	125	0,15	0,15
Позиция 3									
17	Фрезеровать поверхность в размер $134,5 \pm 0,2$ на проход.	1	197,8	1	400	-	630	6,5	0,4
18	Сверлить 2								

Продолжение таблицы 1.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	отверстия с обеспечением размеров $\varnothing 23^{+0,33}_{-0,43}$ мм; $15^{+0,43}_{-0,43}$ мм.	2	110	11,5	-	0,35	1510	6,3	0,1
19	Сверлить 2 отверстия с обеспечением размеров $\varnothing 17^{+0,27}_{-0,27}$ мм; $27^{+0,62}_{-0,62}$ мм.	2	100	8,5	-	0,2	1870	4,0	0,15
20	Сверлить 2 отверстия в размеры $\varnothing 11^{+0,43}_{-0,43}$, 54 ± 1 , 73 ± 1	2	100	5,5	-	0,2	2890	2,59	0,3
21	Зенкеровать 2 отверстия $\varnothing 17,6H11$ и $\varnothing 23,6H11$ комбинированным зенкером, на глубину $28^{+0,52}_{-0,52}$, с выполнением размеров $15^{+0,43}_{-0,43}$, $1 \times 45^\circ$, $2 \pm 0,2$, $15^\circ \pm 4^\circ$, $R0,5 \dots 1,2$	2	23,4	0,6	-	0,5	315	0,53	0,45
22	Развернуть 2 отверстия $\varnothing 17,9H9$ и $\varnothing 23,9D10$ комбинированной развёрткой, на глубину $28^{+0,52}_{-0,52}$, с выполнением размеров $15^{+0,43}_{-0,43}$, $1 \times 45^\circ$, $2 \pm 0,2$, $15^\circ \pm 4^\circ$, $R0,5 \dots 1,2$.	2	18,8	0,3	-	0,8	250	0,32	0,35
23	Развернуть 2 отверстия $\varnothing 18,08^{+0,023}_{-0,023}$ и $\varnothing 24,145^{+0,064}_{-0,064}$ комбинированной развёрткой, на глубину $28^{+0,52}_{-0,52}$, с выполнением размеров $15^{+0,43}_{-0,43}$, $1 \times 45^\circ$, $2 \pm 0,2$, $15^\circ \pm 4^\circ$, $R0,5 \dots 1,2$.	2	18,9	0,2	-	0,6	250	0,2	0,45
24	Центровать 2 отверстия в размеры $\varnothing 3H14$, $2,45 \text{ min}$	2	9,4	1,5	-	0,25	1000	0,25	0,1
25	Сверлить 2 отверстия	2	35,1	4	-	0,11	1400	0,46	0,8

Продолжение таблицы 1.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	в размеры $\varnothing 8^{+0,36}$, 50±1, 59±1.								
26	Зенкеровать 2 отв. $\varnothing 10,5^{+0,43}$ на глубину 9±0,5	1	21,9	1,25	-	0,4	630	0,2	0,12
Позиция 4									
27	Фрезеровать поверхность в размер 123±0,2 на проход.	1	197,8	1	400	-	630	6,5	0,45
28	Сверлить 6 отверстий с размерами $\varnothing 19^{+0,21}$ мм; $14^{+0,43}$ мм.	6	100	9,5	-	0,2	1680	4,47	0,3
29	Сверлить 6 отверстий с обеспечением размеров $\varnothing 13^{+0,13}$ мм; $27^{+0,62}$ мм.	6	1000	6,5	-	0,2	2450	3,06	0,4
30	Сверлить 6 отверстий в размеры $\varnothing 8^{+0,36}$, 83^{+1} , 70±1, 48±1, $50,5^{+1}$, 68±1, $50,5^{+1}$.	6	35,1	4	-	0,11	1400	0,46	1,6
31	Зенкеровать 6 отверс- тий $\varnothing 13,6H11$ и $\varnothing 19,6H11$ комбини- рованным зенкером, на глубину 28+0,52, с выполнением размеров $15^{+0,43}$, 1х45°, 2±0,2, 15^{+4° , R0,5...1,2.	6	24,6	0,6	-	0,4	400	0,4	1,2
32	Развернуть 6 отверс- тий $\varnothing 13,9H9$ и $\varnothing 19,9D10$ комбини- рованной развёрткой, на глубину 28+ 0,52 , $15^{+0,43}$, 1х45°, 2±0,2, 15^{+4° , R0,5...1,2.	6	15,7	0,3	-	0,8	250	0,2	1,0
33	Развернуть 6 отверс- тий $\varnothing 14,08^{+0,023}$ и $\varnothing 20,145^{+0,064}$ комбинированной развёрткой, на глубину 28+ 0,52 , $15^{+0,43}$, 1х45°, 2±0,2, 15^{+4° , R0,5...1,2.	6	15,8	0,2	-	0,6	250	0,15	1,3

1.6 Конструкторская часть

1.6.1 Проектирование сверлильно-фрезерного приспособления на станок модели S450

В конструкторской части спроектировано сверлильно-фрезерное приспособление ФЮРА.300008.004СБ, которое предназначено для фрезерования и сверления корпуса на 025 операции, на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ модели S450.

Приспособление предназначено для обработки детали на сверлильно-фрезерной операции, в ходе которой фрезеруется плоскость и обрабатываются отверстия.

Приспособление состоит из сварного корпуса позиция 1, на котором крепиться плита позиция 4. На плите установлены установочные пластины позиция 31, боковые опоры позиция 29, зажимающий механизм с пневмоприводом и пневмораспределителем позиция 2, предназначенный для управления работой приспособления.

Приспособление работает следующим образом: деталь большей плоскостью устанавливается на две опорные пластины позиция 31, и упирается по боковым поверхностям в опоры позиция 29 неподвижных упоров. Затем, поворотом рукоятки пневмораспределителя позиция 2 сжатый воздух под давлением подается в рабочую полость пневмокамеры, мембрана под действием сжатого воздуха деформируется и перемещает шток позиция 20 вверх. Шток через рычажную систему приводит в движение зажимающий рычаг позиция 15, который прижимает заготовку к неподвижным опорам.

При откреплении детали рукоятка пневмораспределителя позиция 2 поворачивается в другую сторону. За счет пружины позиция 13 шток перемещается вниз, и деталь разжимается. Сжатый воздух при перемещении мембраны вытесняется в атмосферу.

1.6.1.1 Силовой расчет сверлильно-фрезерного приспособления

Силовой расчёт приспособления ведётся по [14,15,17]. Силы резания P_z , и P_y , возникающие при фрезеровании, стремятся повернуть и сместить заготовку от опор. Схема представлена на рисунке 1.11. Сила зажима P_3 должна быть больше силы резания.

Из условия надежного закрепления заготовки:

$$P_3 = \frac{K \cdot R}{(f_{3м} + f_{оп})}, \quad (1.29)$$

где R – сила, возникающая от силы резания, $P_z = 2827,8\text{Н}$;

где $f_{оп}$ – коэффициент трения между опорами и заготовкой [15], $f_{оп}=0,16$;

$f_{3м}$ – коэффициент трения между прижимом и заготовкой, $f_{3м}=0,16$;

K – коэффициент запаса.

Коэффициент запаса определяется по формуле:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6, \quad (1.30)$$

где K_0 – коэффициент гарантированного запаса, $K_0 = 1,5$;

K_1 – коэффициент, учитывающий затупление инструмента, $K_1 = 1,2$;

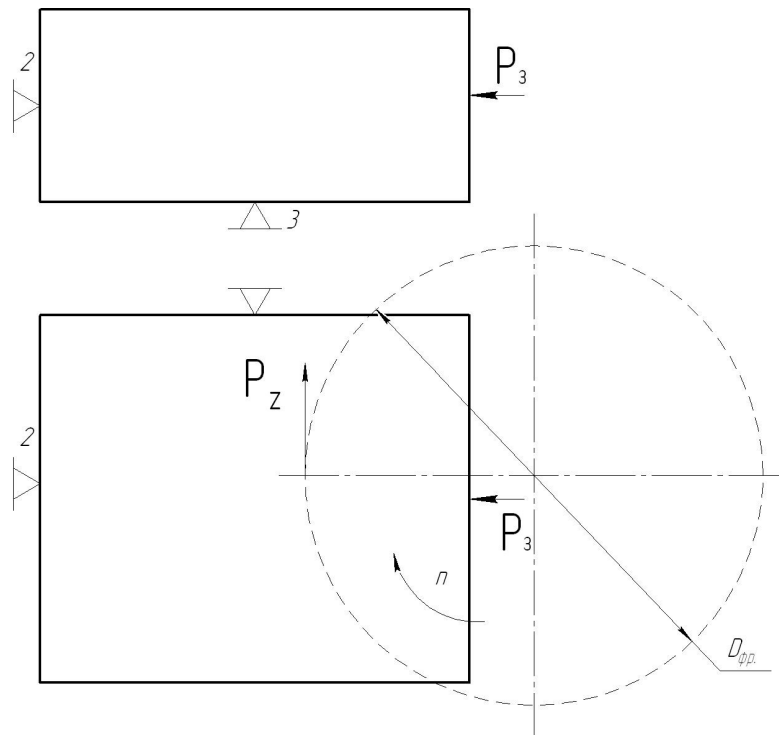


Рисунок 1.11 Силовой расчёт приспособления

K_2 – коэффициент, учитывающий изменение величины припуска черновых заготовок, $K_2 = 1,0$;

K_3 – коэффициент, учитывающий постоянство сил резания P_3 , $K_3 = 1,0$;

K_4 – коэффициент, учитывающий вид зажима, т. к. зажим пневматический, $K_4 = 1,0$;

K_5 – поправочный коэффициент, учитывающий удобство при работе, $K_5 = 1,0$;

K_6 – поправочный коэффициент, учитывающий наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку на опорах, $K_6 = 1,1$.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 1,98.$$

Из условия надежного закрепления заготовки определим требуемую силу зажима:

$$P_3 = \frac{1,98 \cdot 2827,8}{0,32} = 17497 \text{ Н.}$$

Кинематическая схема приспособления представлена на рисунке 1.12.

Определим необходимый диаметр мембраны пневмокамеры. Из кинематической схемы:

$$\frac{P_3 \cdot d}{c} = \frac{P \cdot S_n \cdot a}{b}, \quad (1.31)$$

где a, b, c, d – длины рычагов приспособления (из чертежа приспособления), мм;

S_n – площадь мембраны, мм²;

P – давление в пневмосети, ($P = 0,4 \text{ МПа}$).

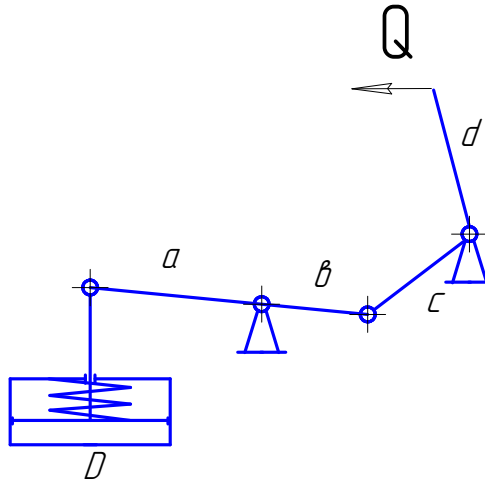


Рисунок 1.12 Кинематическая схема зажима

Площадь мембраны определяем по формуле:

$$S_n = \frac{P_3 \cdot d \cdot b}{P \cdot c \cdot a} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (1.32)$$

Размеры из чертежа приспособления: $a=60$ мм, $b=32$ мм, $c=74$ мм, $d=90$ мм.

Требуемый диаметр мембраны:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_3 \cdot d \cdot b}{\pi \cdot P \cdot c \cdot a}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 17497 \cdot 0,090 \cdot 0,032}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,074 \cdot 0,06}} = 0,176 \text{ м} \quad (1.33)$$

Следовательно, мембрана диаметром 180мм достаточна для надежного закрепления заготовки.

1.6.1.2 Расчет приспособления на точность

Для определения точности спроектированного приспособления необходимо суммировать все составляющие погрешности, влияющие на точность приспособления по формуле [16]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = K \sqrt{(K_1 \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{уст}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + \varepsilon_{\text{изн}}^2 + \Delta_y^2 + \Delta_{\text{и}}^2 + \Delta_{\text{н}}^2 + \Sigma \Delta_{\text{ф}}^2 + \Delta T^2}, \quad (1.34)$$

где K – коэффициент, учитывающий возможность отступления от нормального распределения отдельных составляющих, $K = 1,2$;

K_1 – принимается если присутствует погрешность базирования, $K_1 = 0,8 \dots 0,85$;

ε_6 – погрешность базирования на расположение отверстий на данной операции, $\varepsilon_6 = 0$;

ε_3 – погрешность закрепления, принимаем по [16] $\varepsilon_3 = 0,06$;

$\varepsilon_{\text{уст}}$ – погрешность установки приспособления на станке, $\varepsilon_{\text{уст}} = 0,02$;

$\varepsilon_{\text{п}}$ – погрешность смещения режущего инструмента, $\varepsilon_{\text{п}} = 0$, т. к. отсутствуют направляющие элементы приспособления;

$\varepsilon_{\text{изн}}$ – погрешность, возникающая в результате износа составных частей, $\varepsilon_{\text{изн}} = 0,04$;

Δ_y – погрешность, возникающая в результате упругих деформаций;

$\Delta_{\text{и}}$ – погрешность, вызываемая размерным износом инструмента;

$\Delta_{\text{н}}$ – погрешность, возникающая в результате настройки станка;

$\Sigma \Delta_{\text{ф}}$ – погрешность, возникающая в результате геометрической

неточности станка;

Δ_T – погрешность, возникающая в результате температурных деформаций.

Составляющие Δ_y , $\Delta_{и}$, $\Delta_{н}$, $\Sigma\Delta_{ф}$, Δ_T рассчитываются затруднительно, но известно, что их влияние на точность приспособления невелико, поэтому в расчёте их учитывать не будем.

$$\varepsilon_{пр} = 1,2 \cdot \sqrt{1 \cdot 0 + 0,06^2 + 0,02^2 + 0,04^2} = 0,09 \text{ мм.}$$

Полученное значение не превышает допуска на линейный размер между отверстиями $\pm 0,1$ мм, и обеспечивает требуемую точность.

1.6.2 Проектирование сверлильно-фрезерного приспособления на станок ИР320ПМФ4

В конструкторской части спроектировано сверлильно-фрезерное приспособление ФЮРА.300008.005СБ, которое предназначено для фрезерования и сверления корпуса с четырех сторон на сверлильно-фрезерно-расточном станке модели ИР320ПМФ4.

Базирование детали в приспособлении осуществляется по плоскости и двум пальцам (цилиндрическом и срезанном). Три точки несёт главная базирующая плоскость, две точки – цилиндрический палец, одну точку – срезанный. Для закрепления и базирования приспособления на станке в основании корпуса имеются отверстия.

Приспособление состоит из плиты позиция 1 на которой установлены установочные пальцы позиция 12 и 13 и две опорные пластины позиция 14, по которым базируется заготовка. Зажим осуществляется при помощи гайки позиция 7 через шайбу позиция 2, установленных на шпильке позиция 16. Вращением гайки производится закрепление заготовки.

Базирование приспособления на столе станка осуществляется при помощи центрального пальца позиция 6. Закрепление приспособления осуществляется при помощи специальных болтов, вкручиваемых в резьбовые отверстия стола.

1.6.2.1 Расчет зажимных элементов приспособления

Схема сил, действующих на приспособление, показана на рисунке 1.13.

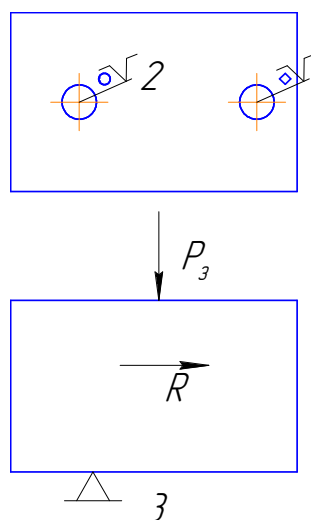


Рисунок 1.13 Схема сил

На данной операции осуществляется, в основном, сверление отверстий. В расчете участвует только сила резания R , направленная под 90° к силе зажима, которая стремится приподнять заготовку и сдвинуть вдоль опор.

$$P_3 = \frac{K \cdot R \cdot J_2}{J_1 + J_2}, \quad (1.35)$$

где J_1 и J_2 – жесткости зажимных механизмов и опор соответственно (в проектных расчетах можно принять $\frac{J_2}{J_1 + J_2} = 0.6 \div 0.7$);

R – сила резания от сверления, $R = P_0 = 5775,3 \text{ Н}$;

K – коэффициент запаса, учитывающий нестабильность силовых воздействий на заготовку, который рассчитывается по формуле (1.30):

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,57.$$

Сила, необходимая для зажима:

$$P_3 = 5775,3 \cdot 2,57 \cdot 0,65 = 9647,6 \text{ Н}.$$

При известной силе P_3 вычисляют номинальный диаметр винта по формуле:

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{P_3}{\sigma_p}}, \quad (1.36)$$

где σ_p – напряжение материала винта, $\sigma_p = 80 \text{ МПа}$;

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{9647,6}{80}} = 15,3 \text{ мм}.$$

Принимаем $d = 16 \text{ мм}$.

Определяем необходимые параметры резьбы [15]: резьба М16, шаг резьбы $P = 2 \text{ мм}$, $d_1 = D_1 = 13,376 \text{ мм}$, $d_2 = D_2 = 14,701 \text{ мм}$.

Момент затяжки:

$$M = 0,5 \cdot Q \cdot \{d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + f \cdot (D_{\text{н.т.}}^3 - d_{\text{н.т.}}^3) / [3 \cdot (D_{\text{н.т.}}^2 - d_{\text{н.т.}}^2)]\}, \quad (1.37)$$

где d_2 – средний диаметр резьбы;

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{t}{\pi \cdot d_2}\right) - \text{угол подъема резьбы};$$

t – шаг резьбы;

$\varphi_{\text{пр}}$ – приведенный коэффициент трения для заданного профиля резьбы, определяется по формуле:

$$\varphi_{\text{пр}} = \operatorname{arctg}\left(\frac{f}{\cos \beta}\right), \quad (1.38)$$

β – половина угла при вершине профиля витка резьбы;

$D_{\text{н.т.}}$, $d_{\text{н.т.}}$ – наружный и внутренний диаметры опорного торца гайки ($D_{\text{н.т.}} = 30 \text{ мм}$, $d_{\text{н.т.}} = 16,3 \text{ мм}$).

Для треугольной резьбы (ГОСТ 9150–59) $\beta = 30^\circ$.

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{2}{3,14 \cdot 14,701}\right) = 2,48^\circ,$$

$$\varphi_{\text{пр}} = \operatorname{arctg}\left(\frac{0,15}{\cos 30}\right) = 9,82^\circ,$$

$$M = 0,5 \cdot 4831 \cdot 10^{-3} \left\{ 14,701 \cdot \operatorname{tg}(2,48 + 9,82) + \right. \\ \left. + 0,15 \cdot (30^3 - 16,3^3) / [3 \cdot (30^2 - 16,3^2)] \right\} = 3,42 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Длина гаечного ключа $L=175\text{мм}$. При данной длине ключа усилие, развиваемое на рукоятке равно 20Н . Максимально допустимая сила зажима на рукоятке для приспособлений с ручным зажимом 195Н , следовательно, ручной зажим для данного приспособления может быть применён.

1.6.2.2 Расчёт приспособления на точность

Расчёт приспособления на точность ведём по методике, изложенной в [16].

Для определения точности спроектированного приспособления необходимо суммировать все составляющие погрешности, влияющие на точность приспособления. Расчет проводим по формуле (1.34).

$$K = 1,2; \varepsilon_6 = 0,051 \text{ мм}; K_1 = 1.$$

ε_3 – погрешность закрепления, которая определяется по формуле:

$$\varepsilon_3 = [(K_{Rz} R_z + K_{HB} HB) + C_1] \left(\frac{P_3}{9,8} \right)^n \frac{1}{F^m}, \quad (1.39)$$

$$\varepsilon_3 = [(0,016 \cdot 32 - 0,0045 \cdot 241) + 1,057] \cdot \left(\frac{9647,6}{9,8} \right)^{0,6} \cdot \frac{1}{4^{0,6}} = 0,018 \text{ мм}.$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 1,2 \cdot \sqrt{0,051^2 + 0,018^2 + 0,02^2 + 0,04^2} = 0,084 \text{ мм}.$$

Полученное значение не превышает допуска на линейный размер между отверстиями $\pm 0,1\text{мм}$, и обеспечивает требуемую точность.

1.6.3 Проектирование специального режущего инструмента и мерительного инструмента

1.6.3.1 Проектирование комбинированной развертки

Деталь имеет комбинированное отверстие диаметр $20,145^{+0,084}$ мм и диаметр $14,08^{+0,043}$ мм, поэтому применение стандартного инструмента приводит к значительным затратам времени на обработку. Для обработки этого отверстия целесообразно применить комбинированный режущий инструмент.

Для обработки отверстия и получения заданных параметров точности и качества ($R_a = 2,5\text{мкм}$) была спроектирована развёртка, чертёж которой представлен на листе (ФЮРА.300008.006). Диаметры развёртки приняты с учётом толщины покрытия, которое будет нанесено на обработанные поверхности детали. Хвостовик соединён с режущей частью развёртки с помощью стыковой контактной сварки. Материал режущей части – быстрорежущая сталь Р6М5.

Для развёртки принимаем:

- передний угол $\gamma = 0^\circ$;
- задний угол $\alpha = 8^\circ$.

Хвостовик выполнен в форме конуса Морзе №3, его размер выбирается по АТ7 ГОСТ 2848-75.

Для проведения последующих переточек развёртка снабжена центровыми отверстиями: со стороны хвостовика – формы Р по ГОСТ 14.034-74, со стороны режущей части – формы А по ГОСТ 14.034-74.

Допуск на изготовление конических базовых поверхностей развертки выбирается по ГОСТ 2848-75.

Исполнительный размер диаметра развертки D устанавливается по ГОСТ 12509-75 в зависимости от точности и диаметра обрабатываемого отверстия. Схема к расчету размеров развертки представлена на рисунке 1.14.

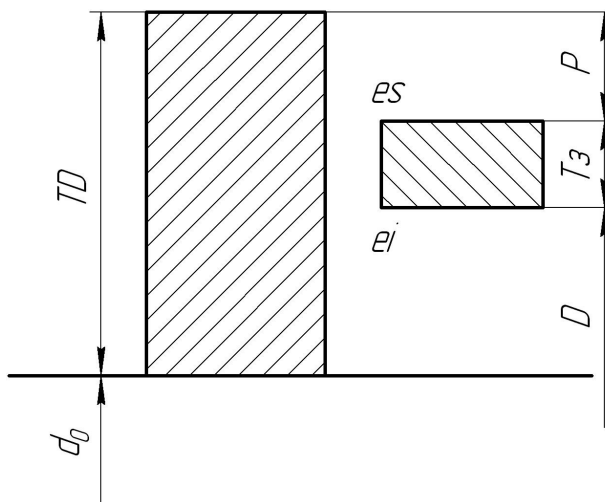


Рисунок 1.14 Расчет размеров развертки

Максимальный размер развертки считаем по формуле:

$$D = d_0 + T_0 - P, \quad (1.40)$$

где d_0 – номинальный диаметр отверстия, мм;

T_0 – допуск на изготовление отверстия, мм ($T_0 = 0,043$ мм);

P – разбивка отверстия, мм ($P = 0,3 \dots 0,4 T_0 = 0,015$ мм);

$T_3 = 0,004$ – допуск на изготовление развертки, мм.

Расчет производим для наиболее точной ступени диаметр $14,08^{+0,043}$ мм:

$$D = 14,08 + 0,043 - 0,015 = 14,108 \text{ мм.}$$

Диаметр развертки $14,108_{-0,004}$.

Аналогичным образом рассчитываем остальные диаметры ступеней.

1.6.3.2 Проектирование калибра симметричности

Калибр симметричности, чертеж (ФЮРА.300008.007СБ), предназначен для контроля симметричность получаемых отверстий. Определяем по ГОСТ 16085-80 позиционный допуск T_P по формуле:

$$T_P = \delta L, \quad (1.41)$$

где δL – предельные отклонения размера, координирующего оси поверхностей изделия в системе полярных координат.

$$T_P = 0,3 \text{ мм} = 300 \text{ мкм.}$$

Предельные отклонения и допуски диаметров измерительных элементов калибра определяем в зависимости от позиционного допуска осей изделия $T_P = 0,3$ мм:

где F – основное отклонение, $F = 0,032$ мм;

H – допуск на изготовление, $H = 0,010$ мм;

W – величина износа, $W = 0,012$ мм.

Определяем предельные размеры пробок калибра.

Наибольший предельный размер измерительного элемента d_{kmax} определяем по формуле:

$$d_{kmax} = D_{min} - T_p + F, \quad (1.42)$$

где D_{min} – наименьший предельный размер отверстия, мм;

H – допуск на изготовление, мм;

W – величина износа, мм.

$$d_{kmax} = 6 - 0,3 + 0,032 = 5,732 \text{ мм.}$$

Наименьший предельный размер измерительного элемента d_{kmin} определяем по формуле:

$$d_{kmin} = d_{kmax} - H, \quad (1.43)$$

$$d_{kmin} = 5,732 - 0,010 = 5,722 \text{ мм.}$$

Размер предельно изношенного измерительного элемента калибра определяем по формуле:

$$d_{k-W} = d_{kmax} - H - W, \quad (1.44)$$

$$d_{k-W} = 5,732 - 0,010 - 0,012 = 5,710 \text{ мм.}$$

Определяем позиционный допуск осей калибра

$$T_{pk} = 0,020 \text{ мм.}$$

При нормировании и контроле размеров, координирующих оси отверстий калибра, должны быть соблюдены следующие требования:

- предельные отклонения размеров между осями двух любых отверстий калибра $\delta L_{\Sigma k} = \pm 0,020 \text{ мм}$;

- предельные отклонения осей отверстий калибра от общей плоскости $\delta_{yk} = 0,010 \text{ мм}$.

1.7 Организационная часть

1.7.1 Нормирование технологического процесса

Норма времени [12,13]:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n}, \quad (1.45)$$

где $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время выполнения работ на станках, мин;

$T_{шт}$ – норма штучного времени, мин;

$T_{п-з}$ – норма подготовительно-заключительного времени, мин.

Для станков с ЧПУ:

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{в} \cdot K_{ив}) \cdot \left(1 + \frac{A_{обс} + A_{отд}}{100} \right), \quad (1.46)$$

где $T_{ца} = T_o + T_{мв}$, – время цикла автоматической работы станка по программе, мин.

T_o – основное время на обработку одной детали, мин;

$T_{мв}$ – машинно-вспомогательное время по программе (на подвод детали или инструмента от исходных точек в зоны обработки и отвод; установку инструмента на размер, смену инструмента, изменение величины и направления подачи, время технологических пауз.), мин;

$T_{в}$ – вспомогательное время, мин;

$K_{ив}$ – поправочный коэффициент вспомогательного времени;

$A_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, %;

$A_{отд}$ – время на отдых и личные надобности, %.

$$T_{в} = T_{уст} + T_{опер} + T_{изм}, \quad (1.47)$$

где $T_{уст}$ – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{опер}$ – время, связанное с операцией, мин;

$T_{изм}$ – время на измерение, мин.

$$T_{П-3} = T_{П-31} + T_{П-32} + T_{П-3.ОБР}, \quad (1.48)$$

где $T_{П-31}$ – время на организационную подготовку, мин;

$T_{П-32}$ – время на наладку станка, мин;

$T_{П-3.ОБР}$ – нормы времени на пробную обработку, мин.

Для универсальных станков:

$$T_{шт} = (T_o + T_v \cdot K_{тв}) \cdot \left(1 + \frac{A_{обс} + A_{отд}}{100} \right). \quad (1.49)$$

Результаты нормирования рассчитаны на основе литературы [12,13] и приведены в таблице 1.15.

Таблица 1.15 – Нормирование операций

№ оп.	Содержание работы	Источник	Время, мин
1	2	3	4
005	<p>Фрезерная</p> <p>1. Основное время</p> <p>2. Вспомогательное время: на установку и снятие детали</p> <p>связанное с переходом</p> <p>на измерение</p> <p>Коэффициент на вспомогательное время</p> <p>Суммарное вспомогательное время</p> <p>3. Время на обслуживание рабочего места</p> <p>4. Время перерывов на отдых и личные надобности</p> <p>5. Суммарное подготовительно-заключительное время</p> <p>6. Штучное время</p> <p>7. Штучно-калькуляционное время</p>	<p>Карта 9, поз.1</p> <p>Карта 48, поз.18</p> <p>Карта 86, поз.158</p> <p>Карта 49</p> <p>Карта 88</p> <p>Карта 49, поз.2, 3, 6</p> <p>Карта 49, поз.9</p>	<p>0,8</p> <p>1,9</p> <p>0,7</p> <p>0,2</p> <p>1,0</p> <p>2,8</p> <p>6%</p> <p>4%</p> <p>14,5</p> <p>4,0</p> <p>4,2</p>
015	<p>Фрезерная</p> <p>1. Основное время</p> <p>2. Вспомогательное время: на установку и снятие детали</p> <p>связанное с переходом</p> <p>на измерение</p> <p>Коэффициент на вспомогательное время</p>	<p>Карта 9, поз.1</p> <p>Карта 48, поз.18</p> <p>Карта 86, поз.158</p> <p>Карта 49</p>	<p>0,74</p> <p>1,9</p> <p>0,7</p> <p>0,2</p> <p>1,0</p>

Продолжение таблицы 1.15

1	2	3	4
	<p>Суммарное вспомогательное время</p> <p>3. Время на обслуживание рабочего места</p> <p>4. Время перерывов на отдых и личные надобности</p> <p>5. Суммарное подготовительно-заключительное время</p> <p>6. Штучное время</p> <p>7. Штучно-калькуляционное время</p>	<p>Карта 88</p> <p>Карта 49, поз.2, 3, 6</p> <p>Карта 49, поз.9</p>	<p>2,8</p> <p>6%</p> <p>4%</p> <p>14,5</p> <p>3,9</p> <p>4,1</p>
025	<p>Сверлильно-фрезерная с ЧПУ</p> <p>1. Основное время</p> <p>2. Вспомогательное время: машинно-вспомогательное время по программе</p> <p>на установку и снятие изделия</p> <p>на измерение</p> <p>Коэффициент на вспомогательное время</p> <p>Суммарное вспомогательное время</p> <p>3. Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности</p> <p>4. Подготовительно-заключительное время: на организационную подготовку наладку станка, приспособлений, инструмента, программных устройств</p> <p>Суммарное подготовительно-заключительное время</p> <p>5. Штучное время</p> <p>6. Штучно-калькуляционное время</p>	<p>Карта 14, поз.1–6</p> <p>Карта 13, поз.7, 36</p> <p>Карта 15, поз.7, 9, 181, 182, 186– 188, 284</p> <p>Карта 16, с.90</p> <p>Карта 25, поз.2–4</p> <p>Карта 25, поз.8, 20, 21, 23–25, 28, 30, 31</p>	<p>3,23</p> <p>1,9</p> <p>0,9</p> <p>0,5</p> <p>1,0</p> <p>3,3</p> <p>10%</p> <p>11</p> <p>20,4</p> <p>31,4</p> <p>7,2</p> <p>7,7</p>
030	<p>Сверлильно-фрезерная с ЧПУ</p> <p>1. Основное время</p> <p>2. Вспомогательное время: машинно-вспомогательное время по программе</p> <p>на установку и снятие изделия</p> <p>на измерение</p> <p>Коэффициент на вспомогательное время</p> <p>Суммарное вспомогательное время</p>	<p>Карта 14, поз.1–6</p> <p>Карта 13, поз.7, 36</p> <p>Карта 15, поз.7, 9, 181, 182, 186– 188, 284</p>	<p>27,76</p> <p>4,9</p> <p>0,9</p> <p>1,0</p> <p>1,0</p>

Продолжение таблицы 1.15

1	2	3	4
	3. Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности 4. Подготовительно-заключительное время: на организационную подготовку на наладку станка, приспособлений, инструмента, программных устройств Суммарное подготовительно-заключительное время 5. Штучное время 6. Штучно-калькуляционное время	Карта 16, с.90 Карта 25, поз.2–4 Карта 25, поз.8, 20, 21, 23–25, 28, 30, 31	6,8 10% 14 25,6 39,6 38,0 38,6
040	Сверлильно-фрезерная с ЧПУ 1. Основное время 2. Вспомогательное время: машинно-вспомогательное время по программе на установку и снятие изделия на измерение Коэффициент на вспомогательное время Суммарное вспомогательное время 3. Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности 4. Подготовительно-заключительное время: на организационную подготовку на наладку станка, приспособлений, инструмента, программных устройств Суммарное подготовительно-заключительное время 5. Штучное время 6. Штучно-калькуляционное время	 Карта 14, поз.1–6 Карта 13, поз.7, 36 Карта 15, поз.7, 9, 181, 182, 186– 188, 284 Карта 16, с.90 Карта 25, поз.2–4 Карта 25, поз.8, 20, 21, 23–25, 28, 30, 31	13,75 8,6 0,9 3,8 1,0 13,3 10% 21 36,7 57,7 29,8 30,7

1.7.2 Определение трудоемкости программы выпуска изделий

$$T_c = \frac{\sum T_{шт-к} \cdot N_r}{60} = \frac{85,3 \cdot 660}{60} = 938,3 \text{ н/час}, \quad (1.50)$$

где T_c – трудоёмкость в нормо-часах;

$T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время, мин;

N_r – годовая программа выпуска, шт.

$$\sum T_{шт-к} = 4,2 + 4,1 + 7,7 + 38,6 + 30,7 = 85,3 \text{ мин.} \quad (1.51)$$

1.7.3 Определение необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки

Расчетное количество станков для обработки годовой программы деталей определяется по формуле [19]:

$$C_p = \frac{T_{\text{шт-к}} \cdot N}{60 \cdot F_d}, \quad (1.52)$$

где C_p – расчётное количество станков данного типа, шт;

F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, час:

$$F_d = F_n \cdot K_n = 1975 \cdot 0,97 = 1915 \text{ час}, \quad (1.53)$$

где F_n – номинальный годовой фонд времени работы оборудования, час;

$K_n = 0,97$ – коэффициент, учитывающий потери времени при ремонте оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования:

$$K_{zo} = \frac{C_p}{C_{\Pi}} \cdot 100, \quad (1.54)$$

где C_{Π} – принятое число станков.

Результаты расчёта приведены в таблице 1.16:

Таблица 1.16 – Определение необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки

№ операции	$T_{\text{шт-к}}$, мин	C_p	C_{Π}	K_{zo} , %
005 и 015	8,3	0,047	1	4,7
025 и 030	46,3	0,266	1	26,6
040	30,7	0,176	1	17,6

Средний коэффициент загрузки $K_{zo, \text{ср}}$ равен 16,3%.

Коэффициент загрузки оборудования получился небольшим, поэтому следует произвести дозагрузку оборудования за счёт изготовления изделий другой номенклатуры.

1.7.4 Определение численности рабочих

Определяем численность рабочих по формуле [20]:

$$Ч_{\text{осн}} = \sum_{i=1}^M (C_{\Pi i} \cdot p_{\text{сми}}), \quad (1.55)$$

где $p_{\text{сми}}$ – количество смен работы оборудования на i -й операции.

$$Ч_{\text{осн}} = (1 \cdot 1) + (1 \cdot 1) + (1 \cdot 1) = 3 \text{ чел.}$$

Вспомогательных рабочих [18]:

$$Ч_{\text{всп}} = Ч_{\text{осн}} \cdot \frac{k_{\text{всп}}}{100}, \quad (1.56)$$

где $k_{\text{всп}} = 60\%$ – коэффициент численности вспомогательных рабочих.

$$Ч_{\text{всп}} = 3 \cdot \frac{60}{100} = 1,8 \text{ чел.}$$

Численность вспомогательных рабочих принимаем равным 2 чел.

Специалистов:

$$\text{Ч}_{\text{спец}} = (\text{Ч}_{\text{осн}} + \text{Ч}_{\text{всп}}) \frac{k_{\text{спец}}}{100}, \quad (1.57)$$

где $k_{\text{спец}} = 8 \dots 12\%$ – коэффициент численности специалистов.

$$\text{Ч}_{\text{спец}} = (3 + 2) \frac{12}{100} = 0,6 \text{ чел.}$$

Численность специалистов принимаем равной 1 чел.

Служащих:

$$\text{Ч}_{\text{служ}} = (\text{Ч}_{\text{осн}} + \text{Ч}_{\text{всп}} + \text{Ч}_{\text{спец}}) \frac{k_{\text{служ}}}{100}, \quad (1.58)$$

где $k_{\text{служ}} = 2 \dots 4\%$ – коэффициент численности служащих.

$$\text{Ч}_{\text{служ}} = (3 + 2 + 1) \frac{4}{100} = 0,24 \text{ чел.}$$

Численность служащих принимаем равной 1 чел.

Руководителей:

$$\text{Ч}_{\text{рук}} = (\text{Ч}_{\text{осн}} + \text{Ч}_{\text{всп}} + \text{Ч}_{\text{спец}} + \text{Ч}_{\text{служ}}) \frac{k_{\text{рук}}}{100}, \quad (1.59)$$

где $k_{\text{рук}} = 1,5 \dots 2\%$ – коэффициент численности руководителей.

$$\text{Ч}_{\text{рук}} = (3 + 2 + 1 + 1) \frac{2}{100} = 0,14 \text{ чел.}$$

Численность руководителей принимаем равной 1 чел.

Общая численность работников подразделения составляет

$$\text{Ч}_{\text{общ}} = \text{Ч}_{\text{осн}} + \text{Ч}_{\text{всп}} + \text{Ч}_{\text{спец}} + \text{Ч}_{\text{служ}} + \text{Ч}_{\text{рук}}. \quad (1.60)$$

$$\text{Ч}_{\text{общ}} = 3 + 2 + 1 + 1 + 1 = 8 \text{ чел.}$$

Таблица 1.17 – Численность рабочих

Наименование операции	Количество работающих	Разряд	Оборудование
1	2	3	4
1.Производственные рабочие: -фрезеровщик; -оператор станков с ЧПУ.	1 2	3 4	6P13 S450 ИР320ПМФ4
2.Вспомогательные рабочие -наладчик станков с ЧПУ; -заточник.	1 1	6 3	
3.Специалисты: -инженер технолог.	1	9	
4.Служащие: -уборщик производственных помещений.	1	2	
5.Руководители: -мастер.	1	10	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был разработан техпроцесс механической обработки корпуса ФЮРА.300008.001 для мелкосерийного производства.

При выполнении ВКР деталь и заготовка были проанализированы на технологичность. На основе проведенного анализа был предложен способ получения заготовки из листового проката, при данной программе выпуска и конструкции детали, который позволил максимально приблизить форму заготовки к форме получаемой детали. За счет этого увеличился коэффициент использования материала и сократился объем обработки, что сказалось на окончательной стоимости детали. Коэффициент использования материала составил $K_{им}=0,624$.

При выполнении выпускной квалификационной более рационально построен маршрут обработки детали, исходя из условий мелкосерийного производства, с применением современного высокопроизводительного оборудования с ЧПУ и принципа концентрации операций. Спроектированный технологический процесс состоит из 12 операций.

Кроме этого, применение современной оснастки и инструмента позволило сократить время на изготовление детали, которое составило $\sum T_{шт-к} = 85,3 \text{ мин.}$

В конструкторской части спроектировано 2 сверлильно-фрезерных приспособления. Одно из которых необходимо для подготовки баз под последующую обработку и оснащенное пневматическим зажимом заготовок. Второе сверлильно-фрезерное приспособление предназначено для фрезерования, сверления корпуса с четырех сторон на сверлильно-фрезерно-расточном станке с ЧПУ. Спроектированное приспособление обеспечивает необходимую силу зажима и удовлетворяет требованиям точности. Спроектирован специальный режущий и мерительный инструмент, которые позволили повысить оснащенность технологического процесса.

В организационной части ВКР произведен расчет потребного количества оборудования, которое составило 3 единицы, и определен средний коэффициент его загрузки $K_{зо.ср.}=16,3\%$. А также произведен расчёт необходимой численности основных, вспомогательных рабочих.

В разделе «Социальная ответственность» разработан необходимый комплекс мероприятий по охране труда и защите окружающей среды.

Расчеты, выполненные в экономической части показали, что себестоимость изготовления детали составит 674021,9 рублей на всю программу выпуска.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Технология машиностроения: Методические указания к выполнению выпускной квалификационной работы для студентов специальности 151001 «Технология машиностроения» всех форм обучения. – Юрга: ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2006. – 32 с.
- 2 Краткий справочник технолога-машиностроителя // Балабанов А.Н. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 464 с.
- 3 В.И. Хрипунов, А.В. Кравчик Современные технологии удаления заусенцев в отверстиях малых диаметров при изготовлении деталей гидравлического оборудования. // Стружка, 2005. – № 12. – С.98–103
- 4 URL: <http://elionmost.ru/d/146799/d/katalog-stankov-atl-dlya-termicheskogo-snyatiya-zausencev.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. Дата обращения: 14.04.2016 г.
- 5 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1/ Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
- 6 Экономическое обоснование дипломных проектов // Гамрат – Курек Л.И.: Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов. 4-ое издание, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1985. – 159 с.
- 7 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т2 / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
- 8 Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др. // Под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
- 9 Metallорежущие инструменты // Кожевников Д.В., Кирсанов С.В.: Учебник. – Томск: издательство ТПУ, 2003. – 392с.
- 10 Оснастка для станков с ЧПУ // Кузнецов Ю.И. и др.. Справочник 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 510 с.
- 11 Режимы резания металлов. Справочник // Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407с.
- 12 Общемашиностроительные нормативы резания для технического нормирования на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1967. – 412 с.
- 13 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и поготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. – М.: Машиностроение, 1967. – 410с.
- 14 Приспособления для металлорежущих станков. Справочник // Горошкин А.К. – М.: Машиностроение, 1971. – 384 с.
- 15 Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т1 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.
- 16 Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т2 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. – М.: Машиностроение, 1984. – 656 с.
- 17 Приспособления для металлорежущих станков // Ансеров М.А. – Л.: Машгиз, 1960. – 624 с.

- 18 Конструирование инструмента // Г.А. Алексеев, В.А. Аршинов, Р.М. Кричевская. – М.: Машиностроение, 1979. – 383 с.
- 19 Проектирование машиностроительных заводов и цехов: Справочник. В6-ти томах. Т4. / Под общ.ред. Е.С. Ямпольского. – М.: Машиностроение, 1975. – 326 с.
- 20 Расчет экономической эффективности новой техники. Справочник/ Под ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
- 21 Безопасность жизнедеятельности // Гришагин В.М., Фарберов В.Я. – Томск: издательство ТПУ, 2006. – 126с.
- 22 Методические указания по выполнению экономической части выпускной квалифицированной работы для студентов механико-машиностроительного факультета. – Юрга: ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2006. – 24с.